

**SKRIPSI**

**OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI GAS LPG MENGGUNAKAN  
ALGORITMA *TABU SEARCH* PADA MODEL ACVRP  
(STUDI KASUS: PT. SINAR PUTRA PERTAM)**



**AMANDA KHAIRUNNISA**

**NIM. 22106010070**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
YOGYAKARTA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2026**

**OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI GAS LPG MENGGUNAKAN  
ALGORITMA *TABU SEARCH* PADA MODEL ACVRP  
(STUDI KASUS: PT. SINAR PUTRA PERTAM)**

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Matematika



diajukan oleh

**AMANDA KHAIRUNNISA**

**22106010070**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Kepada

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2026



## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Amanda Khairunnisa

NIM : 22106010070

Judul Skripsi : Optimasi Rute Distribusi Gas LPG Menggunakan Algoritma *Tabu Search* Pada Model ACVRP (Studi Kasus: PT. Sinar Putra Pertama)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Matematika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 07 Mei 2026

Pembimbing

Noor Saif Muhammad Mussafi, S.Si., M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19820617 200912 1 005



## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1135/Un.02/DST/PP.00.9/06/2026

Tugas Akhir dengan judul : Optimasi Rute Distribusi Gas LPG Menggunakan Algoritma Tabu Search Pada Model ACVRP (PT. Sinar Putra Pertama)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AMANDA KHAIRUNNISA  
Nomor Induk Mahasiswa : 22106010070  
Telah diujikan pada : Selasa, 12 Mei 2026  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang  
Noor Saif Muhammad Mussafi, S.Si., M.Sc., Ph.D.  
SIGNED

Valid ID: 6a1e97a74b109



Penguji I  
Prof. Dr. Muhammad Wakhid Musthofa,  
S.Si., M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 6a101c1bd84de



Penguji II  
Pipit Pratiwi Rahayu, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 6a18fbd17c6b



Yogyakarta, 12 Mei 2026  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 6a1f9b81788e5

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Amanda Khairunnisa  
NIM : 22106010070  
Program Studi : Matematika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 07 Mei 2026



Amanda Khairunnisa

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala, karya Tugas Akhir ini dipersembahkan kepada kedua orang tua tercinta yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan, serta pengorbanan yang tiada henti dalam setiap langkah kehidupan. Terima kasih atas segala perjuangan, perhatian, dan semangat yang selalu diberikan sehingga setiap proses dapat dilalui dengan baik.

Tugas Akhir ini juga dipersembahkan kepada kakak yang selalu memberikan dukungan, motivasi, perhatian, serta semangat dalam menjalani setiap tantangan dan proses selama masa perkuliahan.

Selain itu, karya ini dipersembahkan untuk diri sendiri sebagai bentuk apresiasi atas segala usaha, perjuangan, kesabaran, dan kerja keras dalam menyelesaikan seluruh proses perkuliahan hingga tahap akhir. Terima kasih karena telah mampu bertahan, berusaha, dan tidak menyerah dalam menghadapi berbagai tantangan selama perjalanan ini.

Semoga segala usaha dan doa yang telah diberikan mendapatkan balasan kebaikan serta keberkahan dari Allah Subhanahu wa Ta'ala. Aamiin yaa Rabbal 'alamin.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”

(QS. Al-Insyirah: 6)

“Bermimpilah setinggi langit. Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh di antara bintang-bintang.”

(Ir. Soekarno)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad shallallahu 'alaihi wasallam, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya hingga akhir zaman. Semoga keteladanan beliau senantiasa menjadi pedoman dalam menuntut ilmu dan menjalani kehidupan.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Matematika. Adapun judul yang diangkat dalam Tugas Akhir ini adalah "*Optimasi Rute Distribusi Gas LPG Menggunakan Algoritma Tabu Search Pada Model ACVRP (Studi Kasus: PT. Sinar Putra Pertama)*". Penyusunan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode optimasi, khususnya pada permasalahan distribusi dan transportasi. Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, banyak bimbingan, dukungan, arahan, serta motivasi yang diberikan oleh berbagai pihak sehingga seluruh rangkaian kegiatan dapat berjalan dengan baik dan lancar. Oleh karena itu, pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., MA., M.Phil., Ph.D. selaku rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Prodi Matematika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Bapak Noor Saif Muhammad Mussafi, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan serta dukungan selama proses penyusunan skripsi.

5. Bapak Deddy Rahmadi, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan serta arahan selama menjalani proses studi di Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
6. Segenap dosen dan staff karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
7. Seluruh karyawan PT. Sinar Putra Pertamina yang telah membantu proses pengambilan data dalam penelitian.
8. Orang tua tercinta yang selalu memberikan doa, kasih sayang, perhatian, dan dukungan kepada penulis. Terima kasih atas segala pengorbanan, kesabaran, serta kepercayaan yang telah diberikan selama ini. Dukungan dan doa yang tidak pernah putus menjadi kekuatan bagi penulis untuk terus berusaha dan bertahan dalam setiap proses hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
9. Kakak penulis yang senantiasa memberikan dukungan, perhatian, dan semangat selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas doa, motivasi, dan bantuan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
10. Seluruh keluarga besar yang selalu memberikan doa, motivasi, serta dukungan kepada penulis. Terima kasih atas perhatian dan semangat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dan skripsi ini dengan baik.
11. Seluruh teman dan sahabat yang telah menjadi bagian dari perjalanan perkuliahan penulis. Terima kasih atas dukungan, perhatian, bantuan, serta kebersamaan yang telah diberikan selama ini. Setiap cerita, pengalaman, dan kenangan yang tercipta akan menjadi bagian yang berharga dalam perjalanan hidup penulis.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, dukungan, doa, dan motivasi selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
13. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri karena telah bertahan dan berjuang sejauh ini. Terima kasih atas segala usaha, kerja keras, kesabaran, dan semangat yang terus dijaga dalam menghadapi berbagai dinamika selama masa perkuliahan hingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Semoga seluruh proses yang telah dilalui menjadi pengalaman berharga untuk melangkah ke tahap kehidupan berikutnya.

Disadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan dan penyempurnaan di masa yang akan datang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi referensi yang berguna bagi pembaca dan pihak-pihak yang membutuhkan. Aamiin yaa Rabbal 'alamin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 08 Mei 2026

Amanda Khairunnisa  
22106010070

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
MOTTO.....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMBANG.....	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Tinjauan Pustaka .....	4
1.7. Metodologi Penelitian .....	9
1.8. Sistematika Penulisan .....	12
BAB II LANDASAN TEORI .....	13
2.1. Riset Operasi .....	13
2.2. Optimasi .....	14
2.3. Graf .....	16
2.3.1. Graf Sisi Rangkap ( <i>Multiple Edges Graph</i> ).....	19
2.3.2. Graf Berarah.....	19
2.3.3. Graf Berbobot.....	20
2.3.4. Graf Hamilton .....	21
2.4. <i>Vehicle Routing Problem (VRP)</i> .....	23
2.5. <i>Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)</i> .....	25
2.6. <i>Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem (ACVRP)</i> .....	28

2.7.	Tabu Search.....	32
2.8.	MATLAB .....	35
2.8.	Google Maps .....	36
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN.....		38
3.1.	Rute Distribusi Gas LPG di PT. Sinar Putra Pertamina.....	38
3.1.1.	Data Penelitian .....	38
3.1.2.	Data Persediaan.....	39
3.1.3.	Data Pangkalan PT. Sinar Putra Pertamina.....	39
3.1.4.	Data Kendaraan.....	40
3.1.5.	Data Jarak.....	41
3.1.6.	Rute distribusi .....	41
3.2.	Transformasi Rute Distribusi Gas LPG ke Model ACVRP.....	42
3.3.	Penyelesaian Model ACVRP dengan Algoritma Tabu Search.....	47
BAB IV PENUTUP .....		64
4.1.	Kesimpulan .....	64
4.2.	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....		68
LAMPIRAN.....		71
CURRICULUM VITAE .....		146

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka .....	5
Tabel 3.1 SPPBE yang bekerja sama dengan PT. Sinar Putra Pertam .....	39
Tabel 3.2 Data Kendaraan .....	41



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Flowchart</i> Metode Penelitian .....	11
Gambar 2.1 Graf Sederhana .....	18
Gambar 2.2 Multiple Edges Graph .....	19
Gambar 2.3 Graf Berarah .....	20
Gambar 2.4 Graf Berbobot .....	21
Gambar 2.5 Graf Hamilton (Ibrahim & Mussafi, 2013) .....	23
Gambar 2.6 <i>Flowchart</i> ACVRP .....	32
Gambar 2.7 Pseudocode Tabu Search (Pirim et al., 2008) .....	34
Gambar 3.1 Parameter .....	48
Gambar 3.2 Setup Log File .....	49
Gambar 3.3 Load Data .....	50
Gambar 3.4 Loop harian .....	51
Gambar 3.5 Tabu Search .....	56
Gambar 3.6 Output .....	59
Gambar 3.7 Rekap Total Semua Hari .....	60
Gambar 3.8 Fungsi Lokal .....	62

## DAFTAR LAMBANG

$f$	: Fungsi tujuan untuk meminimalkan jarak perjalanan dari $i$ ke $j$
$i$	: Titik asal
$j$	: Titik tujuan
$c_{ij}$	: Jarak tempuh dari $i$ ke $j$
$x_{ij}$	: Perjalanan dari $i$ ke $j$
$K$	: kendaraan
$Q$	: Kapasitas kendaraan
$q_i$	: Permintaan konsumen (CVRP)
$\gamma_i$	: Permintaan konsumen (ACVRP)
$V$	: Himpunan semua simpul (agen, SPPBE, dan pangkalan)
$A$	: Himpunan agen
$S$	: Himpunan SPPBE
$P$	: Himpunan pangkalan
$E$	: Himpunan sisi berarah
$R$	: Rute perjalanan $K$

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## INTISARI

### OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI GAS LPG MENGGUNAKAN ALGORITMA *TABU SEARCH* PADA MODEL ACVRP (STUDI KASUS: PT. SINAR PUTRA PERTAM)

Oleh

AMANDA KHAIRUNNISA

NIM. 22106010070

Perkembangan teknologi yang semakin pesat menyebabkan peningkatan kebutuhan manusia terhadap sumber daya alam dan energi, salah satunya LPG. Kondisi wilayah distribusi yang beragam, mulai dari kawasan perkotaan yang padat hingga pedesaan dengan akses jalan terbatas, menjadi tantangan tersendiri dalam proses penyaluran. Selain itu, keterbatasan kapasitas kendaraan pengangkut juga membatasi jumlah tabung LPG 3 kg yang dapat diangkut dalam satu kali perjalanan.

Permasalahan penentuan rute distribusi ini dapat diformulasikan ke dalam model matematis *Vehicle Routing Problem* (VRP), khususnya *Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem* (ACVRP), di mana jarak dari lokasi  $i$  ke  $j$  berbeda dengan jarak dari  $j$  ke  $i$ . Permasalahan ACVRP termasuk kategori NP-hard sehingga sulit diselesaikan dengan metode eksak pada kasus berskala besar. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan metaheuristik seperti *Tabu Search* yang mampu memberikan solusi mendekati optimal. Metode ini bekerja dengan melakukan pencarian solusi secara iteratif sambil menghindari pengulangan solusi melalui mekanisme tabu list sehingga tidak terjebak pada solusi lokal.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute distribusi LPG 3 kg pada PT. Sinar Putra Pertamina menggunakan pendekatan *Tabu Search*. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, pemodelan ACVRP, implementasi algoritma, serta proses optimasi rute. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Tabu Search* mampu menghasilkan rute distribusi yang lebih efisien dibandingkan rute awal ditinjau dari total jarak tempuh. Berdasarkan hasil optimasi, diperoleh rata-rata persentase efisiensi sebesar 45%, yang menunjukkan adanya pengurangan jarak tempuh distribusi secara signifikan setelah penerapan algoritma *Tabu Search*. Dengan demikian, metode ini efektif dalam membantu optimalisasi sistem distribusi LPG.

Kata Kunci: LPG 3 kg, Distribusi, ACVRP, *Tabu Search*, optimasi rute

## ABSTRACT

### OPTIMIZATION OF LPG DISTRIBUTION ROUTES USING THE TABU SEARCH ALGORITHM IN THE ACVRP MODEL (CASE STUDY: PT. SINAR PUTRA PERTAM)

By

AMANDA KHAIRUNNISA

NIM. 22106010070

Rapid technological advancements have led to an increased demand for natural resources and energy, including LPG. The diverse conditions of distribution areas—ranging from densely populated urban areas to rural areas with limited road access—present unique challenges in the distribution process. Additionally, the limited capacity of transport vehicles restricts the number of 3-kg LPG cylinders that can be transported in a single trip.

This distribution routing problem can be formulated into a mathematical model known as the Vehicle Routing Problem (VRP), specifically the Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem (ACVRP), where the distance from location  $i$  to  $j$  differs from the distance from  $j$  to  $i$ . The ACVRP problem falls into the NP-hard category, making it difficult to solve using exact methods for large-scale cases. Therefore, a metaheuristic approach such as Tabu Search is required, which can provide near-optimal solutions. This method works by performing an iterative search for solutions while avoiding solution repetition through a tabu list mechanism, thereby preventing the system from getting stuck in local optima.

This study aims to determine the distribution routes for 3 kg LPG cylinders at PT. Sinar Putra Pertamina using the Tabu Search approach. The research stages include data collection, ACVRP modeling, algorithm implementation, and the route optimization process. The results show that the Tabu Search method is capable of generating more efficient distribution routes compared to the initial routes in terms of total distance traveled. Based on the optimization results, an average efficiency percentage of 45% was obtained, indicating a significant reduction in distribution distance after the application of the Tabu Search algorithm. Thus, this method is effective in helping to optimize the LPG distribution system.

Key word: 3 kg LPG, Distribution, ACVRP, Tabu Search, route optimization

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Perkembangan serta kemajuan teknologi membawa dampak pada meningkatnya kebutuhan manusia terhadap sumber daya alam dan energi. Kebutuhan ini tidak hanya terkait dengan aktivitas sehari-hari, tetapi juga menyangkut berbagai sektor lain. Sumber daya alam yang tersedia di bumi memang melimpah, namun terbagi menjadi dua jenis, yaitu yang dapat diperbarui dan yang tidak. Salah satu sumber energi yang sangat dibutuhkan masyarakat adalah LPG (Liquefied Petroleum Gas) (Inggi & Pangala, 2021). LPG kini menjadi kebutuhan pokok, baik untuk rumah tangga maupun untuk industri. Seiring dengan meningkatnya permintaan, sistem distribusi LPG dituntut berjalan lebih efisien dan tepat waktu, sehingga diperlukan perencanaan rute distribusi yang optimal.

Distribusi LPG di Indonesia dilakukan secara bertahap, dimulai dari depot (fasilitas penyimpanan dan distribusi utama yang dimiliki oleh Pertamina), kemudian ke Stasiun Pengisian dan Pengangkutan Bulk Elpiji (SPPBE), dilanjutkan ke agen, hingga akhirnya ke pangkalan yang melayani konsumen langsung (Tarnoto et al., 2021). Proses distribusi ini harus direncanakan dengan hati-hati, sebab melibatkan pengangkutan barang berbahaya dalam jumlah besar. Seluruh tahapan, mulai dari pengisian, penyimpanan, sampai pengangkutan, harus memenuhi standar keamanan yang ketat agar risiko kebakaran maupun ledakan dapat diminimalisir (Sunardhi et al., 2025). Kelancaran distribusi juga sangat dipengaruhi oleh sistem transportasi darat yang digunakan, terutama dalam penentuan rute. Di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), permintaan LPG terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, berkembangnya sektor pariwisata, serta pesatnya usaha kuliner. Oleh karena itu, pengelolaan distribusi yang baik sangat diperlukan untuk menjamin pasokan LPG di seluruh wilayah kabupaten maupun kota.

Proses distribusi LPG dihadapkan pada sejumlah tantangan. Kondisi geografis wilayah yang bervariasi, mulai dari daerah perkotaan yang padat hingga

pedesaan dengan akses jalan sempit, menjadi faktor yang harus diperhatikan. Kapasitas kendaraan pengangkut juga terbatas, sehingga jumlah tabung LPG yang bisa diangkut dalam satu kali perjalanan tidak bisa melebihi daya angkut. Selain itu, rute distribusi terkadang bersifat asimetris, di mana jarak antar titik dapat berbeda bergantung arah perjalanan. Hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi jalan, tingkat kemacetan, maupun adanya jalur satu arah. Oleh karena itu, diperlukan strategi optimasi yang mampu memberikan solusi efektif bagi perencanaan distribusi LPG agar lebih efisien dan tepat sasaran.

Permasalahan perencanaan rute ini dapat dimodelkan secara matematis dalam bentuk *Vehicle Routing Problem* (VRP), khususnya model *Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem* (ACVRP). ACVRP adalah matriks jarak yang bersifat asimetris, artinya jarak dari lokasi  $i$  ke  $j$  berbeda dengan jarak dari  $j$  ke  $i$  (Togatorop et al., 2022). Akan tetapi, penyelesaian masalah ACVRP termasuk dalam kategori permasalahan NP-hard, sehingga sulit ditangani dengan metode eksak terutama pada skala besar. Oleh sebab itu, dibutuhkan pendekatan metaheuristik, salah satunya *Tabu Search*, yang dikenal mampu memberikan solusi mendekati optimal untuk masalah distribusi yang kompleks. *Tabu Search* merupakan metode pencarian yang dirancang untuk menghindari solusi tidak layak serta mencegah proses pencarian terjebak tanpa jalan keluar. Tujuan utamanya adalah menghindari pengulangan solusi sehingga tidak terjadi iterasi yang menghasilkan solusi sama pada langkah-langkah berikutnya (Fauzi Novianda et al., 2017).

Walaupun penelitian mengenai optimasi distribusi barang sudah cukup banyak dilakukan, penerapan model ACVRP dengan metode *Tabu Search* pada distribusi LPG, khususnya di Kabupaten Bantul, belum ditemui. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis sekaligus menentukan rute distribusi LPG yang paling optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan kapasitas kendaraan serta kondisi rute yang tidak simetris. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi agen distribusi LPG di Bantul, yaitu dengan menekan biaya transportasi, meningkatkan efisiensi operasional, serta menjamin kelancaran pasokan LPG kepada masyarakat.

## **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana rute distribusi gas LPG di PT. Sinar Putra Pertamina?
2. Bagaimana transformasi rute distribusi gas LPG ke model ACVRP?
3. Bagaimana optimasi penerapan dengan *Tabu Search* dalam menyelesaikan model ACVRP secara komputasi menggunakan MATLAB?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui rute distribusi gas LPG di PT. Sinar Putra Pertamina.
2. Mengetahui transformasi rute distribusi gas LPG ke model ACVRP.
3. Mengetahui optimasi penerapan dengan *Tabu Search* dalam menyelesaikan model ACVRP secara komputasi menggunakan MATLAB.

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, diantaranya:

1. Bagi peneliti, hasil penelitian ini menjadi bentuk penerapan ilmu yang diperoleh di Universitas, serta menambah pemahaman mengenai pengoptimalan rute distribusi melalui model ACVRP dan dioptimalkan menggunakan metode *Tabu Search*.
2. Bagi pembaca, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan menambah pengetahuan tentang optimasi menggunakan *Tabu Search* pada model ACVRP.
3. Bagi penelitian selanjutnya, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi baru untuk mengembangkan metode lain dalam memperoleh rute yang optimal.

### 1.5. Batasan Masalah

Untuk menjaga penelitian ini tetap fokus dan terarah, perlu ditetapkan batasan masalah yang akan menjadi ruang lingkup pembahasan, sebagai berikut.

1. Penelitian ini menggunakan model ACVRP dan dioptimalkan dengan *Tabu Search*.
2. Data yang dianalisis berupa lokasi pendistribusian (dari agen ke pangkalan), data permintaan pangkalan, jumlah kendaraan, kapasitas kendaraan, dan rute perjalanan.
3. Fokus penelitian ini adalah pada proses distribusi LPG 3 kg dari agen menuju pangkalan yang ada di wilayah Kabupaten Bantul.

### 1.6. Tinjauan Pustaka

Pada bagian ini akan disajikan tinjauan pustaka yang memuat berbagai teori, hasil penelitian terdahulu, serta konsep-konsep yang relevan sebagai landasan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Rani Elekta Togatorop, dkk (2022) yang berjudul "*Penerapan Algoritma Tabu Search Pada Model ACVRP untuk Menentukan Rute Pengangkutan Sampah yang Optimal di Kecamatan Kalidoni*". Penelitian ini membahas tentang penerapan Algoritma *Tabu Search* pada model ACVRP untuk mencari rute pengangkutan sampah yang optimal di Kecamatan Kalidoni.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Budi Nur Siswanto, dkk (2019) yang berjudul "*Sistem Routing Proses Delivery Menggunakan Simulated Annealing (Studi Kasus: PT. X)*". Penelitian ini membahas tentang pembuatan sistem *routing* dan proses bisnis usulan untuk perusahaan *delivery* PT. X dengan menerapkan *Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem (ACVRP)* menggunakan algoritma metaheuristik *Simulated Annealing*.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Tarnoto Tarnoto, dkk (2021) yang berjudul "*Optimasi rute distribusi gas LPG 3 kg menggunakan metode tabu search pada PT. SPI*". Penelitian ini membahas tentang menentukan rute distribusi

optimal pada model *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem* menggunakan metode *Clarke dan Wright Saving* sebagai penugasan solusi awal yang kemudian dioptimalkan dengan metode *Tabu Search* menggunakan *software* MATLAB.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Anita Nurul Firdaus dan Pipit Pratiwi Rahayu (2018) yang berjudul “*Aplikasi Algoritma Tabu Search dan Safety Stock Pada Penentuan Rute Distribusi Air Mineral di Daerah Istimewa Yogyakarta*”. Penelitian ini membahas tentang kasus CVRP yang dapat diselesaikan dengan menggunakan Algoritma *Tabu Search*.
5. Penelitian yang dilakukan oleh Alya Adianta (2024) yang berjudul “Optimasi Biaya Distribusi Transportasi Menggunakan Improved Vogel's Approximation Method (IVAM) Dengan Uji Optimasi Modified Allocation Method (Studi Kasus: Pt Sinar Putra Pertamina)”. Penelitian ini membahas tentang penggunaan *Improved Vogel's Approximation Method* (IVAM) dan *Vogel's Approximation Method* (VAM) sebagai solusi awal serta *Modified Allocation Method* (MODA) dan *Modified Distribution Method* (MODI) sebagai metode solusi optimal pada pendistribusian gas LPG 3 kg di PT. Sinar Putra Pertamina.
6. Penelitian yang dilakukan oleh Fadhilah Zahira (2025) yang berjudul “Optimalisasi Biaya Distribusi Menggunakan Metode Sumathi Shatiya dan Lowest Supply Lowest Cost (LSLC) Dilanjutkan dengan Modified Distribution (MODI)”. Penelitian ini membahas tentang penggunaan Metode Sumathi Shatiya dan Metode *Lowest Supply Lowest Cost* (LSLC) sebagai solusi awal serta Metode *Modified Distribution* (MODI) sebagai solusi optimal pada pendistribusian gas LPG 3 kg di PT. Sinar Putra Pertamina.

Uraian tentang persamaan dan perbedaan penelitian ini dengan penelitian lain disajikan dalam bentuk tabel, sebagai berikut:

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Persamaan dan Perbedaan
1	Rani Elekta Togatorop, Fitri	Penerapan Algoritma <i>Tabu Search</i> Pada	- Persamaan penelitian ini berada pada model

	<p>Maya Puspita, Evi Yuliza, Novi Rustiana Dewi, Sisca Octarina (2022)</p>	<p>Model ACVRP untuk Menentukan Rute Pengangkutan Sampah yang Optimal di Kecamatan Kalidoni</p>	<p>yang dipakai yaitu menggunakan model ACVRP dan dioptimalkan menggunakan <i>Tabu Search</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perbedaan penelitian ini berada pada studi kasusnya dimana pada penelitian ini menggunakan studi kasus rute pengangkutan sampah. Perbedaan lain dapat dilihat pada penerapan metode <i>Tabu Search</i>, di mana proses penyelesaiannya masih dilakukan secara manual.</li> </ul>
<p>2</p>	<p>Budi Nur Siswanto, Afferdhy Ariffien, Ilham Jayakusuma (2019)</p>	<p>Sistem Routing Proses Delivery Menggunakan Simulated Annealing (Studi Kasus: PT. X</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Persamaan penelitian ini berada pada model yang digunakan yaitu ACVRP.</li> <li>- Perbedaan penelitian ini berada pada penyelesaian optimal dimana pada penelitian ini menggunakan metode <i>Simulated Annealing</i>.</li> </ul>

3	Tarnoto Tarnoto, Wahyudin Wahyudin, Risma Fitriani (2021)	Optimasi rute distribusi gas LPG 3 kg menggunakan metode tabu search pada PT. SPI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Persamaan penelitian ini berada pada penyelesaian optimal dengan metode <i>Tabu Search</i> menggunakan <i>Software</i> MATLAB.</li> <li>- Perbedaan penelitian ini berada pada model yang digunakan dimana pada penelitian ini menggunakan model <i>Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem</i>.</li> </ul>
4	Anita Nurul Firdaus dan Pipit Pratiwi Rahayu (2018)	Aplikasi Algoritma Tabu Search dan Safety Stock Pada Penentuan Rute Distribusi Air Mineral di Daerah Istimewa Yogyakarta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Persamaan penelitian ini berada pada algoritma yang digunakan yaitu algoritma <i>Tabu Search</i>.</li> <li>- Perbedaan penelitian ini berada pada penyelesaian Algoritma <i>Tabu Search</i> di mana proses perhitungannya dilakukan secara manual.</li> </ul>
5	Alya Adianta (2024)	Optimasi Biaya Distribusi Transportasi Menggunakan Improved Vogel's	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Persamaan penelitian ini berada pada studi kasus yang digunakan</li> </ul>

		<p>Approximation Method (IVAM) Dengan Uji Optimasi Modified Allocation Method (Studi Kasus: Pt Sinar Putra Pertamina)</p>	<p>yaitu PT. Sinar Putra Pertamina.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perbedaan Penelitian ini berada pada permasalahan yang dibahas yaitu mengenai optimasi biaya distribusi transportasi menggunakan <i>Improved Vogel's Approximation Method</i> (IVAM) dan <i>Vogel's Approximation Method</i> (VAM) sebagai solusi awal serta <i>Modified Allocation Method</i> (MODA) dan <i>Modified Distribution Method</i> (MODI) sebagai metode solusi optimal.</li> </ul>
6	Fadhilah Zahira (2025)	<p>Optimalisasi Biaya Distribusi Menggunakan Metode Sumathi Shatiya dan Lowest Supply Lowest Cost (LSLC) Dilanjutkan dengan Modified Distribution (MODI)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Persamaan penelitian ini berada pada studi kasus yang digunakan yaitu PT. Sinar Putra Pertamina.</li> <li>- Perbedaan Penelitian ini berada pada permasalahan yang dibahas yaitu mengenai optimalisasi biaya distribusi transportasi</li> </ul>

			<p>menggunakan Metode Sumathi Shatiya dan Metode <i>Lowest Supply Lowest Cost</i> (LSLC) sebagai solusi awal serta Metode <i>Modified Distribution</i> (MODI) sebagai solusi optimal.</p>
--	--	--	---

### 1.7. Metodologi Penelitian

Secara umum, metode penelitian merupakan pendekatan ilmiah untuk memperoleh data dengan tujuan dan kegunaan tertentu (Sugiyono, 2013). Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif di mana data diperoleh dalam bentuk angka kemudian diolah dan dianalisis untuk menghasilkan kesimpulan, serta metode kualitatif di mana data yang diperoleh menggunakan metode wawancara. Metode kuantitatif merupakan metode penelitian yang menggunakan data berupa angka serta dianalisis dengan pendekatan statistik (Sugiyono, 2013). Metode kualitatif merupakan jenis penelitian yang temuan-temuannya tidak diperoleh melalui prosedur statistik, melainkan melalui upaya peneliti dalam memahami dan menafsirkan makna dari peristiwa, interaksi, maupun perilaku subjek dalam konteks tertentu sesuai perspektifnya (Rita Fiantika et al., 2022).

#### 3.1. Studi Literatur

Penelitian ini diawali dengan studi literatur sebagai bahan referensi penelitian.

#### 3.2. Identifikasi Masalah

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan rute distribusi kendaraan menggunakan model ACVRP dan dioptimalkan dengan metode *Tabu Search*.

#### 3.3. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan dengan metode wawancara, studi dokumentasi, dan observasi kepada pihak PT. Sinar Putra Pertam.

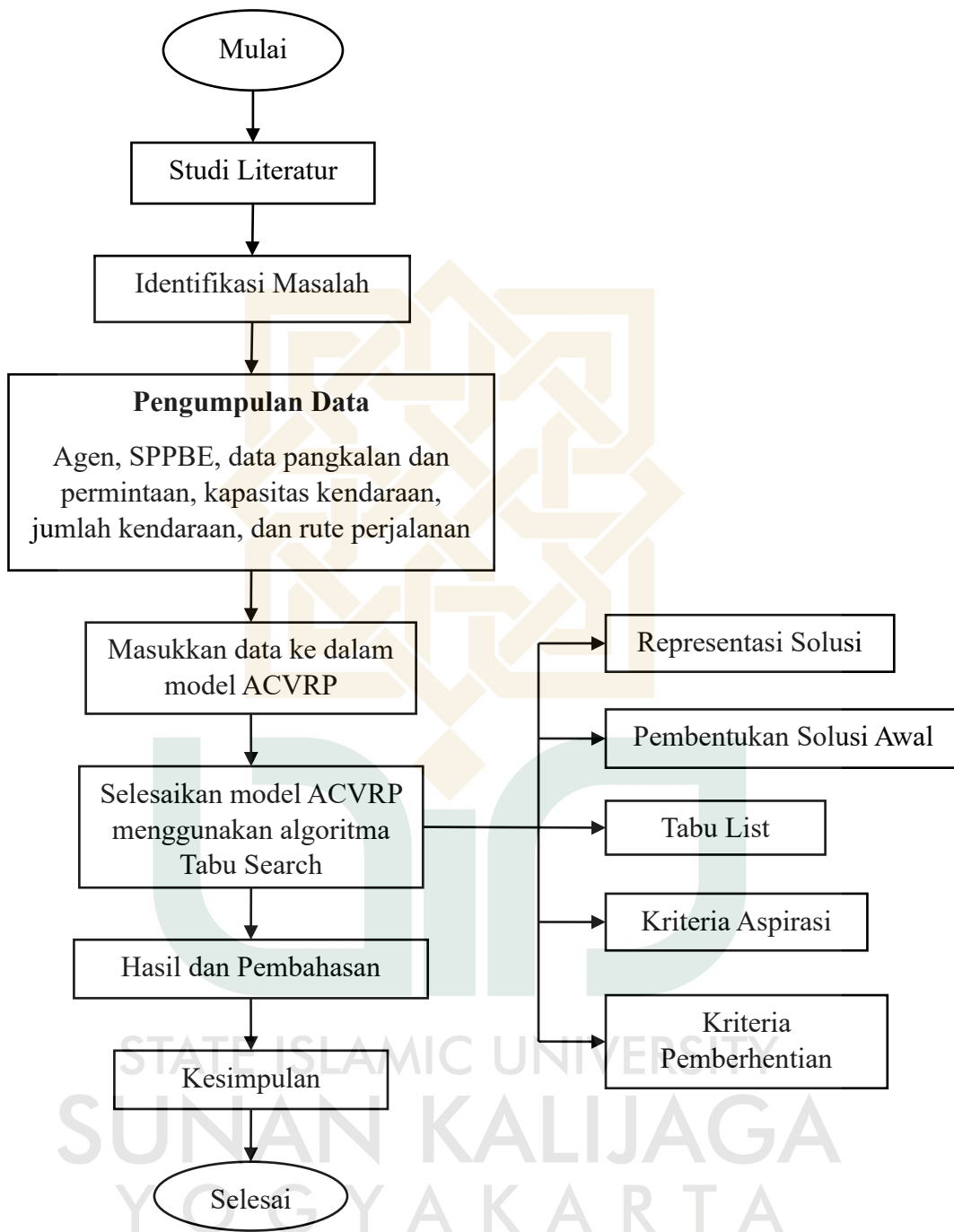
### 3.4. Pengolahan Data

Data yang diperoleh akan diolah dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menyusun data ke dalam tabel.
- b. Membuat model rute kendaraan berdasarkan tabel.
- c. Menentukan solusi optimal menggunakan metode *Tabu Search*.

Adapun *flowchart* dari metode penelitian ini adalah sebagai berikut:





**Gambar 1.1** *Flowchart* Metode Penelitian

## **1.8. Sistematika Penulisan**

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disusun sistematika penulisan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Pada bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang akan digunakan untuk membahas optimasi rute distribusi gas LPG yang berisi tentang definisi riset operasi, definisi optimasi, Graf, VRP, model ACVRP, algoritma *Tabu Search*, dan MATLAB.

### **BAB III PEMBAHASAN**

Pada bab ini berisi tentang data pendistribusian gas LPG, pembahasan model ACVRP menggunakan perhitungan *Tabu Search* untuk menemukan solusi optimal dengan menggunakan *Software* MATLAB.

### **BAB IV PENUTUP**

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## **BAB IV**

### **PENUTUP**

Pada bab ini disajikan kesimpulan yang merupakan ringkasan dari hasil pembahasan serta analisis yang telah dilakukan. Kesimpulan tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran secara singkat, jelas, dan menyeluruh mengenai pokok permasalahan yang telah dikaji. Selain itu, penulis juga menyampaikan saran-saran yang diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pihak-pihak terkait, serta sebagai referensi untuk penelitian atau kajian selanjutnya agar dapat lebih berkembang dan memberikan manfaat yang lebih luas.

#### **4.1. Kesimpulan**

Dari pembahasan yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat dilihat bahwa setiap bagian saling berkaitan dan membantu memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai topik yang dibahas. Dengan memahami hal tersebut, maka dapat dirumuskan beberapa poin penting sebagai kesimpulan dari pembahasan di atas:

1. Berdasarkan hasil pengumpulan data yang telah dilakukan, seluruh informasi yang dibutuhkan untuk menganalisis rute distribusi gas LPG di PT. Sinar Putra Pertamina telah berhasil diperoleh secara lengkap. Data tersebut meliputi data agen, data persediaan, data pangkalan, data kendaraan, data jarak, serta data rute distribusi yang memberikan gambaran menyeluruh mengenai proses distribusi. Rute distribusi gas LPG pada PT. Sinar Putra Pertamina melayani area di Kabupaten Bantul khususnya di Kecamatan Banguntapan, Bantul, Imogiri, Dlingo, Kasihan, Kretek, Pajangan, Jetis, Sanden, Pleret, Bambanglipuro, Sewon, Srandakan, Pandak, dan Pundong.
2. Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, seluruh data yang sebelumnya telah dikumpulkan berhasil dimasukkan ke dalam model *Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem (ACVRP)* secara sistematis. Setiap data tersebut digunakan untuk merepresentasikan komponen penting dalam model, seperti titik permintaan, kapasitas kendaraan, serta hubungan

jarak antar lokasi yang bersifat tidak simetris. Dengan dimasukkannya seluruh data ke dalam model ACVRP, permasalahan distribusi dapat disusun secara lebih terstruktur dan sistematis.

$$\min f = \sum_{k \in K} (17,3x_{1,2}^k + 21,5x_{1,3}^k + \dots + 19,9x_{102,101}^k)$$

Kendala:

- a. Setiap jalur hanya dapat dilalui tepat satu kali oleh 1 kendaraan

$$x_{1,2}^1 + x_{2,93}^1 + x_{93,68}^1 + x_{68,39}^1 + \dots + x_{62,1}^1 = 1$$

- b. Kendaraan yang telah mengunjungi jalur  $i$ , harus meninggalkan jalur tersebut dan menuju jalur lain

$$[x_{i,1}^k + x_{i,2}^k + \dots + x_{i,102}^k] - [x_{1,i}^k + x_{2,i}^k + \dots + x_{102,i}^k] = 0, \forall k \in K$$

- c. Jumlah permintaan konsumen dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan

$$0x_{1,2}^1 + 150x_{2,93}^1 + 100x_{93,68}^1 + 80x_{68,39}^1 + \dots + 90x_{77,62}^1 + 0x_{62,1}^1 \leq 560$$

- d. Setiap rute berawal di titik 1 yaitu agen

$$x_{1,2}^1 + x_{1,3}^2 + x_{1,3}^3 + x_{1,3}^4 \leq 1$$

- e. Setiap rute berakhir di titik 1 yaitu agen

$$x_{62,1}^1 + x_{22,1}^2 + x_{86,1}^3 + x_{89,1}^4 \leq 1$$

- f. Variabel keputusan  $x_{ij}^k$  merupakan bilangan biner

$$x_{ij}^k \in \{0,1\}, \forall i, j \in V, \forall k \in K$$

3. Berdasarkan hasil optimasi yang ditunjukkan pada Lampiran 6 halaman 137, algoritma *Tabu Search* berhasil menghasilkan rute distribusi yang lebih optimal untuk setiap hari pengiriman. Dapat dilihat pula pada Lampiran 7 halaman 144 bahwa rata-rata persentase efisiensi yang diperoleh mencapai 45%, yang menunjukkan adanya peningkatan kinerja distribusi yang cukup signifikan setelah proses optimasi dilakukan. Nilai efisiensi tersebut diperoleh dari perbandingan antara jarak tempuh awal dengan jarak tempuh hasil optimasi, sehingga dapat diketahui bahwa metode *Tabu Search* mampu mengurangi total jarak perjalanan kendaraan secara efektif. Selain itu, hasil optimasi yang

diperoleh pada setiap hari pengiriman menunjukkan bahwa algoritma mampu memberikan solusi rute yang lebih baik secara konsisten dengan tetap mempertimbangkan batas kapasitas kendaraan dan ketentuan rute distribusi yang berlaku. Evaluasi rute menggunakan operator *swap*, *insertion*, dan *2-opt reverse* juga terbukti mampu membantu pencarian solusi yang lebih optimal dengan meminimalkan kemungkinan terjebak pada solusi lokal. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Tabu Search* efektif digunakan untuk meminimalkan jarak distribusi dan meningkatkan efisiensi operasional pengiriman secara menyeluruh.

#### 4.2. Saran

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan, berikut disampaikan beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan ke depan:

1. Untuk pengembangan lebih lanjut, proses pencarian rute yang telah menghasilkan solusi yang lebih baik masih dapat dioptimalkan dengan menerapkan metode *random restart*, yaitu mengulangi proses pencarian dari berbagai titik awal yang berbeda guna menghindari terjebak pada solusi lokal dan meningkatkan kemungkinan memperoleh rute yang lebih optimal secara keseluruhan.
2. Untuk mendapatkan variasi rute usulan yang berbeda, penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan memanfaatkan metode lain, seperti Algoritma *Saving Matrix*, Algoritma Genetika, *Ant Colony Optimization*, dan lain-lain.
3. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan model lain selain ACVRP seperti *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) atau *Multi-Depot Vehicle Routing Problem* (MDVRP) untuk memperoleh hasil perbandingan yang lebih komprehensif serta menyesuaikan model dengan kondisi nyata yang memiliki karakteristik dan kendala berbeda, seperti adanya batasan waktu pelayanan, keberagaman depot, maupun ketidakseragaman armada kendaraan. Selain itu, dapat pula dipertimbangkan penggunaan *Asymmetric Traveling Salesman Problem* (ATSP) sebagai pendekatan dasar

untuk permasalahan rute tanpa mempertimbangkan kapasitas kendaraan, sehingga dapat digunakan sebagai pembandingan terhadap hasil optimasi dari model ACVRP yang lebih kompleks dan realistis.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adianta, A. (2024). *OPTIMASI BIAYA DISTRIBUSI TRANSPORTASI MENGGUNAKAN IMPROVED VOGEL'S APPROXIMATION METHOD (IVAM) DENGAN UJI OPTIMASI MODIFIED ALLOCATION METHOD (Studi Kasus: PT. Sinar Putran Pertama)*. UIN Sunan Kalijaga.
- Affandi, P. (2019). *BUKU AJAR RISET OPERASI* (C. I. Gunawan, Ed.; 1st ed.). CV IRDH. [www.irdhcenter.com](http://www.irdhcenter.com)
- Atli, O. (2011). Tabu Search and an Exact Algorithm for the Solutions of Resource-Constrained Project Scheduling Problems. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 4(2). <http://129.187.106.231/psplib/>
- Attaway, S. (2009). *Matlab: a Practical Introduction to Programming and Problem Solving* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann (imprint of Elsevier).
- Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2011). *Linear Programming and Network Flows* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Bondy, J. A., & Murty, U. S. R. (1976). *Graph Theory with Applications*. Macmillan.
- Bondy, J. A., & Murty, U. S. R. (1982). *GRAPH THEORY WITH APPLICATIONS*. Fifth Printing.
- Chapman, S. J. (2020). *MATLAB Programming for Engineers* (6th ed.). Cengage Learning.
- Chartrand, G., & Lesniak, L. (2005). *Graphs & Digraphs* (4th ed.). Chapman and Hall/CRC.
- Fauzi Novianda, R., Martini, S., & Aurachman, R. (2017). PENENTUAN RUTE ARMADA MENGGUNAKAN ALOGARITMA TABU SEARCH PADA HOMOGENUS FLEET VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS DI PT. XYZ WILAYAH BANDUNG UNTUK MEMINIMASI TOTAL WAKTU TEMPUH. *E-Proceeding of Engineering*, 4(2), 2892–2899.
- Firdaus, A. N., & Rahayu, P. P. (2018). Aplikasi Algoritma Tabu Search dan Safety Stock Pada Penentuan Rute Distribusi Air Mineral di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Fourier*, 7(1), 45–56. <https://doi.org/10.14421/fourier.2018.71.45-56>
- Gross, J. L., Yellen, J., & Anderson, M. (2019). *GRAPH THEORY AND ITS APPLICATIONS, THIRD EDITION* (3rd ed.). CRC Press.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2001). *Introduction to Operations Research* (7th ed.). Thomas Casson.

- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). *Introduction to Operations Research* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- Ibrahim, & Mussafi, N. S. M. (2013). *Pengantar Kombinatorika & Teori Graf* (1st ed.). Graha Ilmu.
- Ilham, A. F. (2022). *OPTIMASI RUTE KENDARAAN PADA DISTRIBUSI GAS LPG 3 KG MENGGUNAKAN METODE NEAREST NEIGHBOR DAN ALGORITMA TABU SEARCH (STUDI KASUS: PT. SUMBER REJEKI MADANI UTAMA)*. UIN Sunan Kalijaga.
- Inggi, R., & Pangala, J. (2021). Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Arduino. *SIMKOM*, 6(1), 12–22. <https://doi.org/10.51717/simkom.v6i1.51>
- Leggieri, V., & Haouari, M. (2018). A matheuristic for the asymmetric capacitated vehicle routing problem. *Discrete Applied Mathematics*, 234, 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.dam.2016.03.019>
- Meflinda, A., & Mahyarni. (2011). *Operations Research (Riset Operasi)* (1st ed.). UNRI Press.
- Mussafi, N. S. M., & Ismail, Z. (2020). Quadratic Programming for Optimizing the Diversified Shariah Stock Portfolio. *ATLANTIS PRESS*, 474.
- Palm, W. J. (2018). *Introduction to MATLAB for Engineers* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Petroutsos, E. (2014). *Google Maps Power Tools for Maximizing the API*. Mc Graw Hill Education.
- Pirim, H., Bayraktar, E., & Eksioğlu, B. (2008). Tabu Search: A Comparative Study. In *Tabu Search*. I-Tech Education and Publishing. <https://doi.org/10.5772/5637>
- Rahayuningsih, S. (2018). *TEORI GRAPH DAN PENERAPANNYA*. Universitas Wisnuwardhana Press Malang (Unidha Press).
- Rita Fiantika, F., Wasil, M., Jumiyati, S., Honesti, L., Wahyuni, S., Mouw, E., Jonata, Mashudi, I., Hasanah, N., Maharani, A., Ambarwati, K., Noflidaputri, R., Nuryami, & Waris, L. (2022). *METODOLOGI PENELITIAN KUALITATIF* (Y. Novita, Ed.; 1st ed.). PT. GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI . [www.globaleksekutifteknologi.co.id](http://www.globaleksekutifteknologi.co.id)
- Sugiyono. (2013). *METODE PENELITIAN KUANTITATIF, KUALITATIF DAN R & D*. ALFABETA, CV.
- Sunardhi, Y., Ikar, A., Lamhot, N., & Safira, L. (2025). Analisis Kinerja Jaringan Distribusi LPG: Studi Kasus di Kecamatan Compeng. *Journal Of Social Science Research* , 5(1), 2090–2106.

- Suyanto. (2018). *Artificial Intelligence: Searching, Reasoning, Planning, and Learning*. Informatika Bandung.
- Taha, H. A. (2017). *Operations Research An Introduction* (10th ed.). Pearson Education.
- Tan, S. Y., & Yeh, W. C. (2021). The vehicle routing problem: State-of-the-art classification and review. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 11, Number 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app112110295>
- Tarnoto, T., Wahyudin, W., & Fitriani, R. (2021). Optimasi rute distribusi gas LPG 3 kg menggunakan metode tabu search pada PT. SPI. *Journal Industrial Servicess*, 7(1), 43. <https://doi.org/10.36055/jiss.v7i1.12010>
- Togatorop, R. E., Puspita, F. M., Octarina, S., Yuliza, E., & Dewi, N. R. (2022). PENERAPAN ALGORITMA TABU SEARCH PADA MODEL ACVRP UNTUK MENENTUKAN RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH YANG OPTIMAL DI KECAMATAN KALIDONI. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 7(2), 303. <https://doi.org/10.25157/teorema.v7i2.6947>
- Toth, Paolo., & Vigo, Daniele. (2014). *Vehicle Routing : Problems, Methods, and Applications*. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM, 3600 Market Street, Floor 6, Philadelphia, PA 19104).
- Wadi, H. (2020). *Pemrograman Android Untuk Aplikasi Google Maps*. TR Publisher.
- Weisstein, Eric W. "Herschel Graph." From *MathWorld*--A Wolfram Web Resource. <https://mathworld.wolfram.com/HerschelGraph.html>
- West, D. B. (2001). *Introduction to Graph Theory* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Zahira, F. (2025). *OPTIMALISASI BIAYA DISTRIBUSI MENGGUNAKAN METODE SUMATHI SHATIYA DAN LOWEST SUPPLY LOWEST COST (LSLC) DILANJUTKAN DENGAN MODIFIED DISTRIBUTION (MODI)*. UIN Sunan Kalijaga.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA