

SKRIPSI

PENYELESAIAN *BOTTLENECK-COST TRANSPORTATION PROBLEM* (*BCTP*) MENGGUNAKAN METODE *GHADLE MUNOT FREEZING* (*GMF*) DAN METODE AHMED HUZOR (AH)



MARTIANA DEWI KUSUMANINGRUM

21106010025

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGRI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2025

SKRIPSI

PENYELESAIAN *BOTTLENECK-COST TRANSPORTATION PROBLEM* (*BCTP*) MENGGUNAKAN METODE *GHADLE MUNOT FREEZING* (*GMF*) DAN METODE AHMED HUZOR (AH)

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat Sarjana
Matematika



MARTIANA DEWI KUSUMANINGRUM

21106010025

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2025

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

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 : Martiana Dewi Kusumaningrum

NIM : 21106010025

Judul Skripsi : Penyelesaian Bottleneck-Cost Transportation Problem

Menggunakan Metode Ghadle Munot Freezing (GMF) dan Metode
Ahmed Huzor (AH)

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 mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 08 Desember 2025

Pembimbing

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

NIP. 198206172009121005

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2518/Un.02/DST/PP.00.9/12/2025

Tugas Akhir dengan judul : Penyelesaian Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP) menggunakan Metode Ghadle Munot Freezing (GMF) dan Metode Ahmed Huzor (AH)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MARTIANA DEWI KUSUMANINGRUM
Nomor Induk Mahasiswa : 21106010025
Telah diujikan pada : Selasa, 16 Desember 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A/B

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: 69451946eacce



Penguji I

Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom

SIGNED

Valid ID: 694508ae24feb



Penguji II

Arif Munandar, M.Sc.

SIGNED

Valid ID: 69450f4730568



Yogyakarta, 16 Desember 2025

UIN Sunan Kalijaga

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.

SIGNED

Valid ID: 6948a84b55fdb

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Martiana Dewi Kusumaningrum
NIM : 21106010025
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, 08 Desember 2025



Martiana Dewi Kusumaningrum

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN



Skripsi ini penyusun persembahkan kepada:

Almamaterku tercinta

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Seluruh keluarga tercinta

Untuk diri sendiri yang sudah berjuang menyelesaikan skripsi ini

Serta teman-temanku Kujan Family yang telah membantu penulis menyelesaikan
skripsi ini

HALAMAN MOTTO



Pelan bukan berarti tertinggal, selama tetap berjalan menuju tujuan.

PRAKATA

Alhamdulillah rabbil' alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penyelesaian *Bottleneck Transportation Problem (BCTP)* Menggunakan Metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan Metode Ahmed Huzor (AH)”. Penulisan skripsi ini diselesaikan sebagai salah satu prasyarat mencapai gelar Sarjana Matematika di Program Studi Matematika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini terdapat banyak hambatan dan halangan. Namun berkat adanya motivasi, bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika serta selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan pengarahan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
3. Noor Saif Muhammad Mussafi, S.Si., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh dosen dan staf Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dan memberikan pelayanan administrasi akademik.
5. Keluarga tercinta terkhusus ibu yang telah memberikan seluruh cinta dan kasih sayang, waktu, tenaga, dan materi.
6. Teman-teman Kujanku tercinta.
7. Temanku Dwi Indah Lestari dan Niken Kusumaningrum.
8. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan secara langsung maupun tidak langsung membantu terselesaikannya skripsi ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua yang membacanya. Penulis juga berharap kritik dan saran yang membangun.

Yogyakarta, November 2025

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMBANG	xv
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah.....	5
1.6. Tinjauan Pustaka	5
1.7. Metode Penelitian.....	9
1.8. Sistematika Penulisan.	12
BAB II LANDASAN TEORI	13
2.1. Riset Operasi	13
2.1.1. Sejarah dan Pengertian Riset Operasi	13
2.1.2. Manfaat Riset Operasi.....	14
2.1.3. Tujuan Riset Operasi.....	14
2.1.4. Model dalam Riset Operasi.....	15
2.1.5. Tahapan Riset Operasi	17

2.2.	Program Linier	18
2.2.1.	Pengertian Program Linier	18
2.2.2.	Model Program Linear	19
2.3.	Metode Transportasi.....	19
2.3.1.	Pengertian Metode Transportasi	19
2.3.2.	Manfaat Metode Transportasi	20
2.3.3.	Model Metode Transportasi	20
2.3.4.	Solusi Metode Transportasi.....	23
2.3.5.	Metode Northwest Corner.....	24
2.3.6.	Metode Stepping Stone	25
2.4.	Bottleneck-Cost Transportation Problem.....	25
2.4.1.	Pengertian Bottleneck-Cost Transportation Problem	25
2.4.2.	Model Bottleneck-Cost Transportation Problem	26
2.4.3.	Algoritma Solusi Bottleneck-Cost Transportation Problem	27
2.5.	Aritmatika Modulo.....	28
2.5.1.	Pengertian Aritmatika modulo	28
2.5.2.	Kongruensi Modulo	28
2.6.	Metode Ghadle Munot	30
2.6.1.	Pengertian Metode Ghadle Munot	30
2.6.2.	Algoritma Metode Ghadle Munot.....	30
2.7.	Metode <i>Ghadle Munot Freezing (GMF)</i>	30
2.7.1.	Pengertian Metode <i>Ghadle Munot Freezing (GMF)</i>	30
2.7.2.	Algoritma <i>Ghadle Munot Freezing (GMF)</i>	31
2.8.	Metode Ahmed Huzor (AH)	36
2.8.1.	Pengertian Metode Ahmed Huzor (AH)	36
2.8.2.	Algoritma Metode AH	36
2.9.	Ilustrasi Numerik.....	39
2.9.1.	Ilustrasi numerik Metode <i>Ghadle Munot Freezing (GMF)</i>	40
2.9.2.	Ilustrasi Numerik Metode AH.....	63
BAB III	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	72
3.1.	Perkebunan Tuan M	72
3.2.	Pengumpulan Data	72

3.3. Model Matematika	75
3.3.1 Solusi Menggunakan <i>Ghadle Munot Freezing (GMF)</i>	77
3.3.2 Solusi Menggunakan Metode Ahmed Huzor (AH)	92
BAB IV PENUTUP	106
5.1 Kesimpulan.....	106
5.2 Saran.....	107
DAFTAR PUSTAKA	109
CURRICULUM VITAE.....	112

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Tabel Tinjauan Pustaka.....	6
Tabel 2. 1 Model Masalah Transportasi	21
Tabel 2. 2 Model Transportasi Bottleneck-Cost.....	26
Tabel 2. 3 Ilustrasi Numerik GMF	40
Tabel 2. 4 Tabel Masalah Transportasi Kendala Waktu	41
Tabel 2. 5 Penalti Baris dan Kolom	42
Tabel 2. 6 Kongruensi	43
Tabel 2. 7 Iterasi 1 Ilustrasi Numerik GMF	43
Tabel 2. 8 Iterasi 2 Ilustrasi Numerik GMF	44
Tabel 2. 9 Iterasi 3 Ilustrasi Numerik GMF	45
Tabel 2. 10 Iterasi 4 Ilustrasi Numerik GMF	45
Tabel 2. 11 Penyelesaian kendala waktu Ilustrasi Numerik GMF	46
Tabel 2. 12 Masalah Transportasi Bottleneck-Cost.....	47
Tabel 2. 13 Penalti Baris dan Kolom	47
Tabel 2. 14 Kongruensi	48
Tabel 2. 15 Iterasi 5 Ilustrasi Numerik GMF	48
Tabel 2. 16 Iterasi 6 Ilustrasi Numerik GMF	49
Tabel 2. 17 Iterasi 7 Ilustrasi Numerik GMF	50
Tabel 2. 18 Iterasi 8 Ilustrasi Numerik GMF	50
Tabel 2. 19 Penyelesaian kendala biaya Ilustrasi Numerik GMF	51
Tabel 2. 20 Biaya Aktif Kurang dari 66	52
Tabel 2. 21 Penalti Baris dan Kolom	52
Tabel 2. 22 Kongruensi modulo	53
Tabel 2. 23 Iterasi 9 Ilustrasi Numerik GMF	53
Tabel 2. 24 Iterasi 10 Ilustrasi Numerik GMF	54
Tabel 2. 25 Iterasi 11 Ilustrasi Numerik GMF	55
Tabel 2. 26 Iterasi 12 Ilustrasi Numerik GMF	55
Tabel 2. 27 Penyelesaian kendala biaya Ilustrasi Numerik GMF	56
Tabel 2. 28 Biaya Aktif Kurang dari 68	57
Tabel 2. 29 Penalti Baris dan Kolom	57
Tabel 2. 30 Kongruensi modulo	58
Tabel 2. 31 Penyelesaian Ilustrasi Numerik GMF	58
Tabel 2. 32 Biaya Aktif Kurang dari 73	60
Tabel 2. 33 Penalti Baris dan Kolom	60
Tabel 2. 34 Kongruensi modulo	61
Tabel 2. 35 Penyelesaian Ilustrasi Numerik GMF	61
Tabel 2. 36 Hasil Penyelesaian Ilustrasi Numerik GMF	63
Tabel 2. 37 Ilustrasi Numerik Metode AH	64
Tabel 2. 38 Masalah Transportasi kendala Biaya	65
Tabel 2. 39 Iterasi 1 Ilustrasi Numerik AH	66
Tabel 2. 40 Iterasi 2 Ilustrasi Numerik AH	67

Tabel 2. 41 Iterasi 3 Ilustrasi Numerik AH	68
Tabel 2. 42 Iterasi 4 Ilustrasi Numerik AH	69
Tabel 2. 43 Perbandingan Hasil Penyelesaian Contoh Numerik.....	71
Tabel 3. 1 Data Jumlah Persediaan Buah Rambutan.....	73
Tabel 3. 2 Data Jumlah Permintaan Buah Rambutan.....	73
Tabel 3. 3 Data Biaya Pengiriman Buah Rambutan.....	74
Tabel 3. 4 Model Perkebunan Tuan M	76
Tabel 3. 5 Waktu Transportasi.....	77
Tabel 3. 6 Penalti Baris dan Kolom	78
Tabel 3. 7 Kongruensi	78
Tabel 3. 8 Iterasi 1	79
Tabel 3. 9 Iterasi 2	80
Tabel 3. 10 Iterasi 3	80
Tabel 3. 11 Iterasi 4	81
Tabel 3. 12 Iterasi 5	81
Tabel 3. 13 Bottleneck-Cost Transportation Problem	82
Tabel 3. 14 Penalti Baris dan Kolom	83
Tabel 3. 15 Kongruensi	83
Tabel 3. 16 Iterasi 6	84
Tabel 3. 17 Iterasi 7	84
Tabel 3. 18 Iterasi 8	85
Tabel 3. 19 Iterasi 9	86
Tabel 3. 20 Iterasi 10	86
Tabel 3. 21 Penalti Baris dan Kolom	88
Tabel 3. 22 Kongruensi	89
Tabel 3. 23 Iterasi 11	89
Tabel 3. 24 Iterasi 12	90
Tabel 3. 25 Iterasi 13	91
Tabel 3. 26 Iterasi 14	91
Tabel 3. 27 Hasil Penyelesaian Menggunakan GMF	92
Tabel 3. 28 Masalah Transportasi Kendala Biaya	93
Tabel 3. 29 Iterasi 1	94
Tabel 3. 30 Iterasi 2	94
Tabel 3. 31 Iterasi 3	95
Tabel 3. 32 Iterasi 4	96
Tabel 3. 33 Iterasi 5	96
Tabel 3. 34 Iterasi 6	97
Tabel 3. 35 Iterasi 7	98
Tabel 3. 36 Iterasi 8	99
Tabel 3. 37 Iterasi 9	100
Tabel 3. 38 Iterasi 10	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Flowchart Metode Penelitian	11
Gambar 2.1 Flowchart Metode Ghadle Munot Freezing	35
Gambar 2.2 Flowchart Metode AH.....	39



DAFTAR LAMBANG

$\min C(x)$	=	Biaya alokasi minimum masalah transportasi
$\min T(x)$	=	Waktu alokasi minimum masalah transportasi
$\sum_{i=1}^m x_{ij} = s_i$	=	Penjumlahan $x_{1j} + x_{2j} + x_{3j} + x_{4j} + \dots + x_{mj}$
$\sum_{j=1}^n x_{ij} = d_j$	=	Penjumlahan $x_{i1} + x_{i2} + x_{i3} + x_{i4} + \dots + x_{in}$
i	=	$1, 2, \dots, m$
j	=	$1, 2, \dots, n$
$C(x)$	=	Biaya total transportasi
$T(x)$	=	Waktu total transportasi
x_{ij}	=	Jumlah barang yang harus diangkut dari i ke j
t_{ij}	=	Waktu transportasi yang dibutuhkan dari i ke j
c_{ij}	=	Biaya angkut per unit barang dari i ke j
s_i	=	Banyaknya barang yang tersedia di tempat asal i
d_j	=	Banyaknya permintaan barang di tempat tujuan j
m	=	Jumlah tempat asal
n	=	Jumlah tempat tujuan
a, b	=	Bilangan bulat
P	=	Penalti baris dan kolom terbesar
mod	=	Modulo
r	=	Sisa bagi modulo
q	=	Hasil bagi modulo
r^q	=	Congruence $mod P$
T_0	=	Waktu transportasi
T_c	=	Waktu yang disesuaikan
T_m	=	Waktu setelah penghentian

INTISARI

Penyelesaian *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)* Menggunakan Metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan Metode Ahmed Huzor (AH)

Oleh

Martiana Dewi Kusumaningrum

21106010025

Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP) Adalah masalah transportasi bi-criteria, yaitu meminimumkan dua fungsi tujuan yaitu meminimumkan waktu transportasi dan biaya transportasi. Tujuan utama BCTP adalah mengurangi waktu maksimum yang dibutuhkan untuk mengirim semua pasokan ke tujuan. Dalam masalah BCTP, waktu pengangkutan barang dari sumber ke tujuan akan diminimalkan dengan kondisi tertentu terkait ketersediaan di sumber dan kebutuhan di tujuan harus terpenuhi. Penelitian ini ditujukan untuk membahas Metode Ghadle Munot Freezing (GMF) dan Metode Ahmed Huzor (AH) sebagai metode baru yang langsung memperoleh solusi optimal tanpa memerlukan solusi awal. Dalam tugas akhir ini peneliti menerapkan Metode Ghadle Munot Freezing (GMF) dan Metode Ahmed Huzor (AH) pada masalah pendistribusian buah rambutan Perkebunan Tuan M. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Metode Ahmed Huzor (AH) memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan Metode Ghadle Munot Freezing dalam meminimalkan waktu dan biaya pada pendistribusian buah rambutan di Perkebunan Tuan M.

Kata kunci: Masalah Transportasi, *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)*, Metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)*, Metode Ahmed Huzor (AH).

ABSTRACT

Solving the Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP) Using the Ghadle Munot Freezing (GMF) Method and the Ahmed Huzor (AH) Method

By

Martiana Dewi Kusumaningrum

21106010025

Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP) is a bi-criteria transportation problem, which minimizes two objective functions, namely minimizing transportation time and transportation costs. The main objective of BCTP is to reduce the maximum time required to deliver all supplies to their destinations. In the BCTP problem, the time required to transport goods from the source to the destination will be minimized under certain conditions related to availability at the source and demand at the destination. This study aims to discuss the Ghadle Munot Freezing (GMF) method and the Ahmed Huzor (AH) method as new methods that directly obtain optimal solutions without requiring initial solutions. In this final project, the researcher applied the Ghadle Munot Freezing (GMF) method and the Ahmed Huzor (AH) method to the problem of rambutan fruit distribution at Tuan M's plantation. The results of this study indicate that the Ahmed Huzor (AH) method has better results than the Ghadle Munot Freezing method in minimizing time and costs in the distribution of rambutan fruit at Tuan M Plantation.

Keywords: *Transportation Problem, Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP), Ghadle Munot Freezing Method (GMF), Ahmed Huzor Method (AH).*

SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Transportasi memegang peran penting dalam pembangunan ekonomi karena berkaitan dengan pendistribusian barang, jasa, dan tenaga kerja, serta menjadi penggerak utama aktivitas ekonomi. Kegiatan transportasi didefinisikan sebagai suatu proses perpindahan barang dari suatu tempat ke tempat yang lain dengan menggunakan suatu teknik atau pendekatan tertentu untuk tujuan tertentu (Veralianis Ramadhani, 2025). Transportasi dibagi menjadi tiga yaitu transportasi darat, transportasi udara dan transportasi laut. Dalam kehidupan saat ini, transportasi telah menjadi bagian penting dalam pendistribusian barang maupun kegiatan logistik. Kegiatan transportasi dilakukan agar hasil produksi barang/jasa dari produsen dapat didistribusikan kepada konsumen yang membutuhkan secara luas sehingga memperoleh keuntungan maksimal.

Masalah transportasi merupakan salah satu tantangan dalam mengelola rantai pasok yang kompleks. Semua organisasi dan perusahaan yang bergerak di bidang distribusi dan logistik berusaha mencari cara yang efektif dan efisien untuk memecahkan masalah transportasi yang dijumpai. Seiring berkembangnya dunia di berbagai aspek industri seperti teknologi, ekonomi, kesehatan dan lain-lain. Dijumpai dua kendala utama dalam pendistribusian yaitu kendala waktu dan biaya. Penentuan waktu pendistribusian yang optimal sangat diperlukan terutama bagi perusahaan dengan produk masa simpan yang pendek. Pengoptimalan waktu dapat berpengaruh pada keuntungan dan kerugian yang diperoleh di setiap kegiatan pendistribusian. Meminimalkan biaya pada saat pendistribusian barang juga perlu diperhatikan agar pengeluaran tidak membesar dan menghambat aktivitas operasional.

Dalam konteks kekinian, masalah transportasi telah diteliti oleh para ahli dan peneliti diantaranya *Solid Transportatoin Problem*, *Gray Transportation Problem*, dan *Bottleneck Transportation Problem (BTP)*. *Bottleneck Transportation Problem(BTP)* adalah masalah transportasi yang meminimalkan waktu maksimum untuk mengirimkan semua pasokan ke tujuan alih-alih meminimalkan biaya. Penelitian ini akan difokuskan pada *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)*. Masalah transportasi tersebut mengacu pada masalah transportasi bi-criteria, yaitu meminimumkan dua fungsi tujuan yaitu meminimumkan waktu transportasi dan biaya transportasi (Dwi Maharani et al., 2024). Tujuan utama *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)* adalah mengurangi waktu maksimum yang dibutuhkan untuk mengirim semua pasokan ke tujuan (Pandian & Natarajan, 2011). Dalam masalah *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)*, waktu pengangkutan barang dari sumber ke tujuan akan diminimalkan dengan kondisi tertentu terkait ketersediaan di sumber dan kebutuhan di tujuan harus terpenuhi. Dalam transportasi pada kehidupan nyata optimalisasi waktu sangat diperlukan untuk pengiriman barang-barang yang mudah rusak, barang bantuan dalam korban bencana, situasi darurat yang membutuhkan bantuan mobil ambulans, pemadam kebakaran atau fasilitas kesehatan yang perlu dikirimkan dengan tepat waktu (Mallia et al., 2019).

Namun pada saat pendistribusian barang/jasa, dapat terjadi permasalahan yang dapat menghambat proses pendistribusian. Berbagai kendala pada saat pengiriman seperti terbatasnya jumlah kendaraan, kondisi infrastruktur yang buruk, dan ketidaksesuaian antara kapasitas logistik dan permintaan di berbagai titik pengiriman. Hal ini dapat mengakibatkan kemacetan pada proses transportasi sehingga waktu yang dibutuhkan menjadi semakin lama dan biaya yang dikeluarkan akan semakin meningkat. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang tepat untuk mengatasi kedua kendala tersebut agar proses pendistribusian dapat berjalan lancar tanpa menimbulkan waktu dan biaya yang berlebihan.

Penelitian ini akan mengurai lebih lanjut mengenai sebuah metode baru untuk menyelesaikan *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)* yaitu

metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan metode Ahmed Huzor (AH). Metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* metode yang didasarkan pada metode Congruence Modulo untuk menemukan solusi efisien pada *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)*. Metode yang diusulkan memungkinkan untuk mengambil keputusan dalam menangani masalah logistik yang berorientasi pada waktu dan dari sekumpulan solusi yang efisien (Ghadle, K., & Munot, 2021). Dalam penelitiannya yang berjudul “*A Freezing Method for Solving Bottleneck-Cost Transportation Problem*”, metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* memberikan pendekatan matematis untuk meminimalkan biaya transportasi dengan menggunakan prinsip pembekuan. Dengan kata lain, pengiriman pada rute tertentu dihentikan sementara dan menunggu rute berbiaya lebih rendah.

Menurut Kalhoro et al. (2025), dalam penelitiannya yang berjudul “*New Optimal AH Method for Solving Transportation Problems*”, metode Ahmed Huzor (AH) merupakan pendekatan yang tidak memerlukan solusi layak awal karena merupakan metode langsung optimal.

Berdasarkan penjelasan-penjelasan di atas, penulis akan mengkasi lebih lanjut mengenai penyelesaian *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)* menggunakan metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan metode Ahmed Huzor (AH). Oleh karena itu, peneliti mengangkat judul “PENYELESAIAN BOTTLENECK-COST TRANSPORTATION PROBLEM (BCTP) MENGGUNAKAN METODE GHADLE MUNOT FREEZING (GMF) DAN METODE AHMED HUZOR (AH)”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan yang telah dipaparkan sebelumnya, maka diperoleh rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana konsep metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan metode Ahmed Huzor (AH) dalam menyelesaikan *Bottleneck- Cost Transportation Problem (BCTP)*?

2. Bagaimana penerapan metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan metode *Ahmed Huzor (AH)* untuk meminimalkan waktu dan biaya dalam *Bottleneck- cost Transportation Problem (BCTP)*?
3. Bagaimana perbandingan metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan metode *Ahmed Huzor (AH)* untuk meminimalkan waktu dan biaya dalam *Bottleneck- cost Transportation Problem (BCTP)*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengkaji konsep metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan metode *Ahmed Huzor (AH)* dalam menyelesaikan *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)*.
2. Mengetahui penerapan metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan metode *Ahmed Huzor (AH)* untuk meminimalkan waktu dan biaya dalam *Bottleneck- cost Transportation Problem (BCTP)*.
3. Mengetahui perbandingan metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan metode *Ahmed Huzor (AH)* untuk meminimalkan waktu dan biaya dalam *Bottleneck- cost Transportation Problem (BCTP)*.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis: Hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi untuk memperkuat teori sebelumnya yaitu metode *Ghadle Munot (GM)*, metode *GMF* digunakan untuk mencari serangkaian rekomendasi solusi pada *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)* dengan pendekatan pada prinsip kekongruensi modulo, sehingga metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dapat digunakan sebagai dasar untuk perkembangan metode yang lebih kompleks di penelitian yang akan datang. Penelitian ini diharapkan dapat memperluas pemahaman tentang *Bottleneck- cost Transportation Problem (BCTP)* dan membuka peluang bagi berbagai bidang untuk berkolaborasi dan menemukan solusi yang lebih canggih dan efisien.

2. Manfaat praktis: Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk mengoptimalkan kegiatan transportasi di berbagai bidang seperti bidang logistik, bisnis retail, manufaktur atau distribusi barang, sehingga keputusan yang diambil manajemen akan lebih tepat dan sesuai dengan masalah yang dihadapi dalam kegiatan transportasi. Kegiatan transportasi yang optimal dapat meningkatkan proses distribusi sebagai rantai pasokan barang/jasa sehingga produktifitas dan kepuasan konsumen meningkat dengan biaya operasional rendah tetapi memiliki keuntungan yang maksimal sehingga mampu bersaing dengan kompetitor yang lain.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah masalah transportasi bicriteria atau dengan meminimumkan dua kendala yaitu meminimumkan waktu dan meminimumkan biaya. Dimana pembatasan waktu maksimum dari sumber ke tujuan menjadi variabel utama dalam penelitian. Metode yang digunakan adalah metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan metode Ahmed Huzor (AH) sebagai pembandingan hasil penelitian. Studi kasus dalam penelitian ini adalah distribusi buah rambutan di Perkebunan Tuan M.

1.6. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian ini berupa hasil pengembangan dari beberapa jurnal atau skripsi sebelumnya yaitu :

1. Jurnal karya Dr. Kirtiwant P, Ghadle dan Danasri A. Munot yang berjudul "*A Freezing Method for Solving Bottleneck-Cost Transportation Problem*". Jurnal ini membahas tentang masalah transportasi Bottleneck-Cost menggunakan metode Ghadle Munot Freezing yang lebih efisien dengan minim iterasi sehingga mudah diterapkan (Ghadle, K., & Munot, 2021).
2. Jurnal karya Huzoor Bux Kalhor, Prof. Dr. Abdul Sattar Soomro, Dr. Reem Mahmoud Ahmed, dan Kashif Shaikh yang berjudul "*New Optimal AH Method for Solving Transportation Problems*". Jurnal ini membahas tentang mencari masalah transportasi menggunakan metode Ahmed Huzor (AH),

yaitu pendekatan baru dengan hasil yang langsung optimal (Kalhor et al., 2025).

3. Jurnal Karya Dr. Kirtiwant P, Ghadle dan Danasri A. Munot yang berjudul “*A New Approach to Solve Assignment Problem using Congruence Modulo and its Coding in Matlab*”. Jurnal ini membahas tentang memaksimalkan fungsi objektif pada masalah penugasan menggunakan kekongruensian modulo dan coding matlab yang lebih sedikit iterasi (Munot & Ghadle, 2020).
4. Jurnal karya Dr. Kirtiwant P, Ghadle dan Danasri A. Munot yang berjudul “*A GM Method for Solving Solid Transportation Problem*”. Jurnal ini membahas tentang cara yang lebih efisien untuk menyelesaikan masalah transportasi menggunakan metode Ghadle-Munot sehingga mendapatkan solusi penyelesaian yang terbaik (Munot & Ghadle, 2022).
5. Jurnal karya Tiara Dwi Maharani, Bayu Prihandono, Nur’ainul Miftahul Huda yang berjudul “*Penyelesaian Permasalahan Transportasi Menggunakan Metode Freezing Ghadle Munot*”. Jurnal ini membahas tentang penyelesaian *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)* menggunakan metode Freezing Ghadle Munot (Dwi Maharani et al., 2024).

Penjelasan mengenai persamaan dan perbedaan pada penelitian ini dengan penelitian lain disajikan dalam bentuk tabel dibawah ini:

Tabel 1.1 Tabel Tinjauan Pustaka

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Persamaan dan Perbedaan
Dr. Kirtiwant P, Ghadle dan Danasri A. Munot (2021)	<i>A Freezing Method for Solving Bottleneck-Cost Transportation Problem</i>	Persamaannya terletak pada metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah transportasi <i>Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)</i>

		yaitu menggunakan metode <i>Ghadle Munot Freezing (GMF)</i>. Sedangkan perbedaannya adalah pada penelitian ini penyelesaian <i>Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)</i> akan dibandingkan dengan metode penyelesaian yang lain yaitu metode AH.
Huzoor Bux Kalhor, Prof. Dr. Abdul Sattar Soomro, Dr. Reem Mahmoud Ahmed, dan Kashif Shaikh (2025)	<i>New Optimal AH Method for Solving Transportation Problems</i>	Persamaannya terletak pada metode yang digunakan yaitu meminimalkan biaya menggunakan metode Ahmed Huzor (AH). Perbedaannya yaitu pada penelitian ini masalah transportasi yang digunakan adalah <i>Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)</i>, metode Ahmed Huzor (AH) juga akan digunakan untuk meminimalkan waktu.
Dr. Kirtiwant P, Ghadle dan Danasri A. Munot (2020)	<i>A New Approach to Solve Assignment Problem using Congruence Modulo and its Coding in Matlab</i>	Persamaannya terletak pada metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah transportasi. Perbedaannya terletak pada jenis masalah transportasi yang diselesaikan, jika jurnal tersebut menyelesaikan masalah

		penugasan, penelitian ini menyelesaikan <i>Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)</i> dan membandingkan hasil perhitungannya dengan metode penyelesaian yang lain yaitu metode Ahmed Huzor (AH).
Dr. Kirtiwant P, Ghadle dan Danasri A. Munot (2022)	<i>A GM Method for Solving Solid Transportation Problem</i>	Persamaannya terletak pada metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah transportasi. Perbedaannya terletak pada jenis masalah transportasi yang diselesaikan, jika jurnal tersebut menyelesaikan masalah transportasi solid, penelitian ini menyelesaikan <i>Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)</i> dan membandingkan hasil perhitungannya dengan metode penyelesaian yang lain yaitu metode Ahmed Huzor (AH).
Tiara Dwi Maharani, Bayu Prihandono, Nur'ainul Miftahul Huda (2024)	Penyelesaian Permasalahan Transportasi Menggunakan Metode Freezing Ghadle Munot.	Persamaannya terletak pada studi kasus yang akan digunakan dalam penelitian ini. Perbedaannya terletak pada metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu hasil dari penyelesaian menggunakan metode <i>Ghadle Munot Freezing</i>

		(GMF) akan dibandingkan dengan metode yang lain yaitu metode Ahmed Huzor (AH).
--	--	--

Penelitian ini menggunakan referensi utama dari penelitian yang dilakukan oleh Dr. Kirtiwant P, Ghadle dan Danasri A. Munot dengan judul “*A Freezing Method for Solving Bottleneck-Cost Transportation Problem*”. Perbedaan penelitian ini dengan referensi utama adalah pada penelitian ini penyelesaian *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)* akan dibandingkan dengan metode Ahmed Huzor (AH), pada jurnal karya Huzoor Bux Kalhor, Prof. Dr. Abdul Sattar Soomro, Dr. Reem Mahmoud Ahmed, dan Kashif Shaikh, yang berjudul “*New Optimal AH Method for Solving Transportation Problems*”. Pada jurnal karya Dr. Kirtiwant P, Ghadle dan Danasri A. Munot dengan judul “*A New Approach to Solve Assignment Problem Using Congruence Modulo and its Coding in Matlab*” dan “*A GM Method for Solving Solid Transportation Problem*”, penelitian ini memiliki perbedaan pada masalah transportasi yang diselesaikan. Perbedaan penelitian ini dengan jurnal karya Tiara Dwi Maharani, Bayu Prihandono, Nur’ainul Miftahul Huda dengan judul “Penyelesaian Permasalahan Transportasi Menggunakan Metode Freezing Ghadle Munot” adalah penyelesaian masalah transportasi akan menggunakan metode AH.

1.7. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dan penelitian terapan. Studi literatur dilakukan dengan cara memahami dan mempelajari jurnal utama yang membahas penelitian ini. Untuk menunjang penelitian ini, studi literatur juga dilakukan dengan cara menginterpretasi buku, riset atau jurnal yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini juga menggunakan metode penelitian terapan (*applied research*) yang ditujukan untuk mengatasi masalah dalam kehidupan yang nyata. Penelitian terapan didasarkan pada penerapan teori dan teknik yang sudah diketahui. Penelitian terapan dilakukan untuk menguji konten empiris atau teori dasar yang valid di bawah kondisi yang

disebutkan. Penelitian-penelitian ini memiliki manfaat positif dan praktis bagi negara-negara berkembang. (Singh & Masuku, 2013)

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan mengkaji permasalahan yang sedang diteliti yaitu penyelesaian *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)* menggunakan metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan metode Ahmed Huzor (AH).

2. Mengumpulkan teori dan data-data yang relevan dengan permasalahan yang sedang diteliti

3. Membahas dan mengkaji teori yang akan digunakan dalam penelitian.

Pada tahap ini dilakukan untuk mendapatkan informasi yang lebih detail dan mendalam terkait teori yang akan digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini akan membahas penyelesaian dan penerapan metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan metode Ahmed Huzor (AH) pada masalah transportasi.

4. Menerapkan teori yang telah dikaji sebelumnya.

Teori yang telah dikaji akan diaplikasikan untuk memecahkan permasalahan dalam kehidupan nyata.

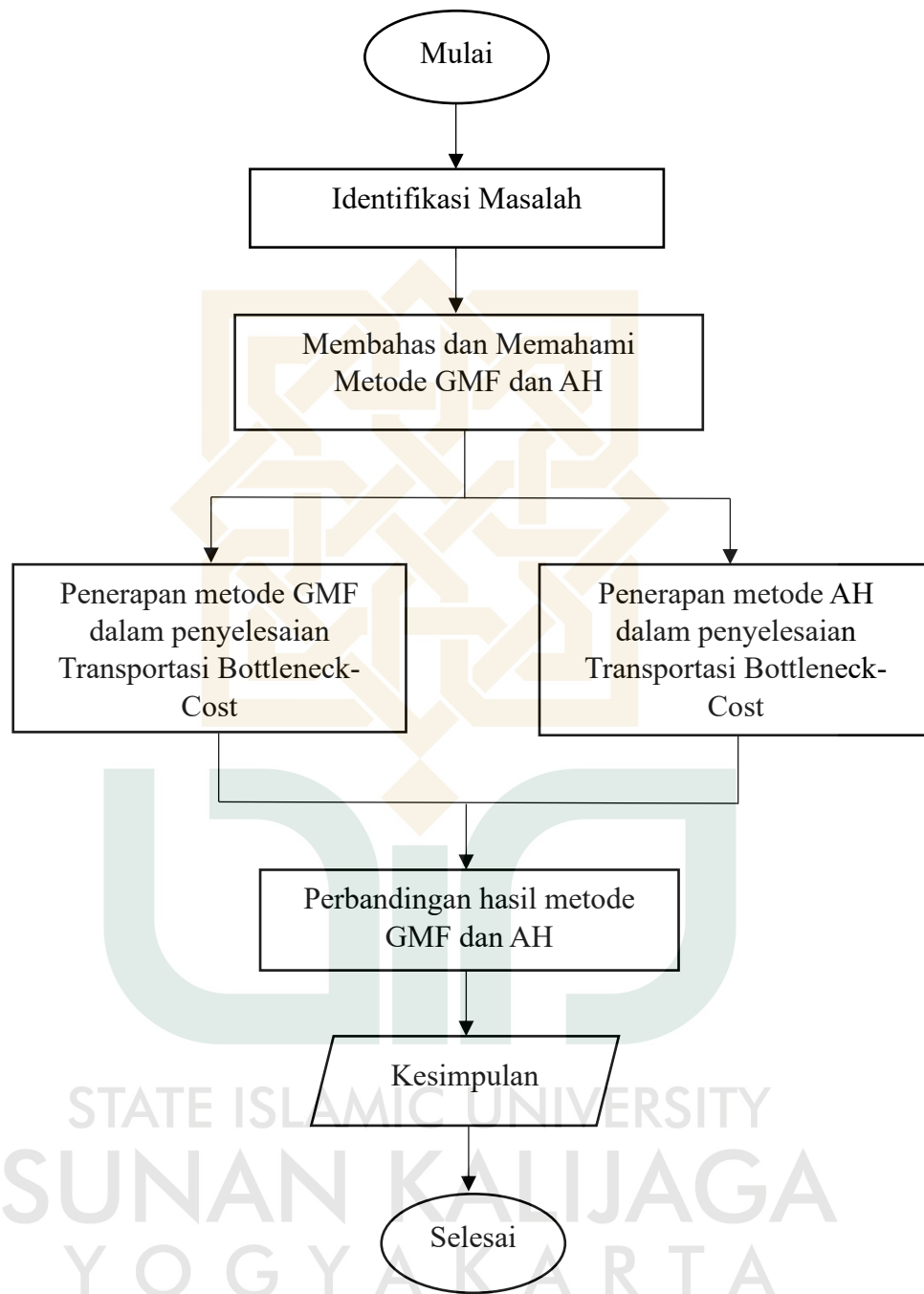
5. Membandingkan hasil penerapan dari teori yang digunakan

Jumlah iterasi dan hasil yang diperoleh dari dua metode tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan solusi yang paling optimal. Secara umum, jika jumlah iterasi lebih banyak maka kemampuan algoritma dalam mencari solusi optimal semakin meningkat. (Si-ma et al., 2025)

6. Kesimpulan dan saran

Pada tahap ini akan dilakukan untuk menyimpulkan hasil penelitian secara keseluruhan.

Metode yang digunakan dalam penelitian akan disajikan dalam *flowchart* di bawah ini,



Gambar 1. 1 *Flowchart* Metode Penelitian

1.8. Sistematika Penulisan.

Sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- BAB 1** : Pada bab ini berisi tentang latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan Pustaka, metode penelitian , dan sistematika penulisan.
- BAB 2** : Pada bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang digunakan sebagai dasar pengetahuan tentang *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)*. Bab ini juga menjelaskan tentang konsep dan algoritma metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah transportasi yaitu metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan metode Ahmed Huzor (AH).
- BAB 3** : Pada bab ini membahas tentang penerapan metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan metode Ahmed Huzor (AH).
- BAB 4** : Bab ini berisi tentang kesimpulan penelitian dan saran yang diberikan oleh penulis.

BAB IV

PENUTUP

Bab penutup ini akan diberikan kesimpulan dan saran-saran yang dapat diambil berdasarkan materi-materi yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya.

5.1 Kesimpulan

1. Metode Ghadle Munot Freezing (GMF) dan Metode Ahmed Huzor (AH) merupakan metode baru yang digunakan untuk menyelesaikan masalah transportasi dengan optimal secara langsung tanpa memerlukan solusi awal. Kedua metode ini memiliki tujuan untuk mencari biaya distribusi yang lebih efisien dengan waktu pengiriman yang lebih cepat dalam menyelesaikan Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP). Metode Ghadle-Munot Freezing (GMF) memiliki langkah perhitungan yang lebih kompleks. Pada prinsipnya, metode ini bertujuan untuk mengurangi waktu pengiriman secara perlahan dan bertahap tanpa diikuti kenaikan biaya pengiriman secara signifikan. Sementara itu, Metode Ahmed Huzor (AH) memiliki langkah perhitungan yang lebih sederhana. Metode ini tidak memerlukan solusi awal atau iterasi panjang seperti pada Metode Ghadle-Munot Freezing (GMF), melainkan perhitungan diarahkan menuju solusi optimal berdasarkan kombinasi terbaik antara biaya dan waktu. Karena itu, Metode Ahmed Huzor (AH) sering kali menghasilkan solusi lebih cepat dan lebih sederhana, terutama untuk kasus transportasi dengan jumlah rute yang tidak terlalu besar.
2. Metode Ghadle Munot Freezing (GMF) dan metode Ahmed Huzor (AH) digunakan untuk meminimalkan waktu dan biaya dalam proses pengiriman buah rambutan pada Perkebunan Tuan M. Waktu optimal pendistribusian buah rambutan pada Perkebunan Tuan M menggunakan Metode Ahmed Huzor (AH) adalah sebesar 261 menit. Waktu ini lebih hemat 5 menit dan 8

menit dari waktu yang diperoleh menggunakan Metode Ghadle Munot Freezing (GMF) yaitu 266 menit dan 269 menit. Solusi optimal untuk meminimalkan biaya distribusi buah rambutan menggunakan Metode Ahmed Huzor diperoleh biaya minimum sebesar Rp645.950. biaya tersebut lebih hemat Rp1.700 dan Rp1.400 dari biaya distribusi buah rambutan menggunakan Metode Ghadle Munot Freezing (GMF) yaitu Rp647.650 dan Rp647.350.

3. Perbandingan metode Ghadle Munot Freezing (GMF) dan metode AH untuk meminimalkan waktu dan biaya pendistribusian buah rambutan pada Perkebunan Tuan M didasarkan pada jumlah iterasi dan hasil. Berdasarkan langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan Metode Ghadle Munot Freezing (GMF) dan Metode Ahmed Huzor (AH) dapat disimpulkan bahwa solusi yang dihasilkan dari kedua metode ini tidak jauh berbeda. Akan tetapi, jika ditinjau dari jumlah iterasi, Metode Ahmed Huzor (AH) memerlukan iterasi yang lebih sedikit dibandingkan dengan Metode Ghadle Munot Freezing (GMF). Sedangkan jika ditinjau berdasarkan konsep dan algoritma Metode Ahmed Huzor (AH) lebih mudah dipahami dan digunakan karena tidak memerlukan solusi bertahap sehingga perhitungan menjadi lebih ringkas.

5.2 Saran

Saran yang akan penulis sampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Peneliti selanjutnya disarankan untuk mengkaji lebih lanjut penggunaan konsep kongruensi modulo pada metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)*
2. Meneliti metode lain dalam menyelesaikan *Bottleneck-Cost Transportation Problem (BCTP)* seperti Algoritma Mallia-Das karena jumlah iterasi lebih terbatas.
3. Peneliti selanjutnya yang tertarik menggunakan Metode *Ghadle Munot Freezing (GMF)* dan Ahmed Huzor (AH) dalam menyelesaikan

masalah transportasi diharapkan dapat memperoleh data real dalam kehidupan nyata.



DAFTAR PUSTAKA

- Aregawi, B. Z. (2018). *Minimizing Balanced Transportation Cost Problems of Homogenous Products*. 6(2), 357–363.
- Dwi Maharani, T., Prihandono, B., & Miftahul Huda, ainul. (2024). Penyelesaian Permasalahan Transportasi Menggunakan Metode Freezing Ghadle-Munot. *Buletin Ilmiah Mat. Stat. Dan Terapannya (Bimaster)*, 13(3), 321–330.
- Dwi Septi Haryani, S.T., M.M. Dr. Surya Kusumah, S. S. (2024). *Riset Operasi*. <https://books.google.co.id/books?id=tNUNEQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>
- Fatimah, S. (2019b). *Pengantar Transportasi*. Myria Publisher. [https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=PEncDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Fatimah,+Siti.+Pengantar+transportasi.+Myria+Publisher,+\(2019\).+&ots=Xu9hxajR4I&sig=E6PEESXNZnxdDU9MZ3dXZlip53s&redir_esc=y#v=onepage&q=Fatimah%2C+Siti.+Pengantar+transportasi.+Myria+Publisher%2C+\(2019\).&f=false](https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=PEncDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Fatimah,+Siti.+Pengantar+transportasi.+Myria+Publisher,+(2019).+&ots=Xu9hxajR4I&sig=E6PEESXNZnxdDU9MZ3dXZlip53s&redir_esc=y#v=onepage&q=Fatimah%2C+Siti.+Pengantar+transportasi.+Myria+Publisher%2C+(2019).&f=false)
- Gawron, J. M. (2013). *Groups , Modular Arithmetic , and Cryptography*. January 1930.
- Ghadle, K., & Munot, D. (2021). A freezing method for solving Bottleneck-Cost Transportation Problem. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(14), 3551–3556.
- Ginting, D. B., Kunci, K., & Modulo, A. (2010). *PERANAN ARITMETIKA MODULO DAN BILANGAN PRIMA PADA ALGORITMA KRIPTOGRAFI RSA (Rivest-Shamir-Adleman)*. 9(2).
- Green, B. (2010). Modular arithmetic. *The Princeton Companion to Mathematics*, 249–250. <https://doi.org/10.5951/at.9.3.0127>
- Hillier, F. S., Lieberman, G. J., & Hillier, F. S. (2010). *Introduction of Operations Research*. Higher Education.
- Istikaanah, N., & Liawati, Y. S. (2019). Keefektifan Pembelajaran Matematika Dengan Bantuan Geogebra Pada Materi Garis Kelas Vii Smp Negeri 2 Limpung. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 11(2), 59. <https://doi.org/10.20884/1.jmp.2019.11.2.2268>
- Juman, Z. A. M. S., & Nawarathne, N. G. S. A. (2019). An Efficient Alternative Approach to Solve a Transportation Problem. *Ceylon Journal of Science*, 48(1), 19. <https://doi.org/10.4038/cjs.v48i1.7584>
- Kalhor, H. B., Soomro, A. S., Ahmed, R. M., & Shaikh, K. (2025). New Optimal AH Method for Solving Transportation Problems. *International Journal of Supply Chain and Logistics*, 9(3), 74–92. <https://doi.org/10.47941/ijscsl.2638>

- Mallia, B., Das, M., & Das, C. (2019). *A New Algorithm for Bottleneck Transportation Problem*. 8, 419–423.
- Meflinda, A., & Mahyarni. (2011). Riset Operasi. In *Unri Press* (p. 114).
- Munir, R. (2018). *Matematika Diskrit* (6th ed.). INFORMATIKA BANDUNG. <https://online.flipbuilder.com/unindrapustaka/fwka/>
- Munot, D. A., & Ghadle, K. P. (2020). A New Approach to Solve Assignment Problem Using Congruence Modulo and its Coding in Matlab. *Advances in Mathematics: Scientific Journal*, 9(11), 9551–9557. <https://doi.org/10.37418/amsj.9.11.58>
- Munot, D. A., & Ghadle, K. P. (2022). A GM Method for Solving Solid Transportation Problem. *Journal of Algebraic Statistics*, 13(3), 4841–4846. <https://publishoa.com>
- Pandian, P., & Anuradha, D. (2011). A new method for solving bi-objective transportation problems. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(10), 67–74.
- Pesta Gultom, M. M., Manik, D. E. M., Dedy Lazawardi, S. E., Nainggolan, S. G. V., & Simarmata, A. M. (2022). *Pengantar Riset Operasi*. Cipta Media Nusantara.
- Pranati, N. M. A., Jaya, A. I., & Sahari, A. (2018). *MENGGUNAKAN MODEL TRANSPORTASI METODE STEPPING*. 15(September 2016), 48–57.
- Rini, R. S., Vidada, I. A., & Istiatik, D. I. (2024). *Jurnal Orientasi Bisnis dan Entrepreneurship Minimize the Distribution Cost of Tortillas at Corner Kebab Using the Stepping Stone Method*. 5(1), 50–60.
- Ginting, D. B., Kunci, K., & Modulo, A. (2010). *PERANAN ARITMETIKA MODULO DAN BILANGAN PRIMA PADA ALGORITMA KRIPTOGRAFI RSA (Rivest-Shamir-Adleman)*. 9(2).
- Si-ma, S., Liu, H., Zhan, H., & Guo, Z. L. G. (2025). *Efficient Maximum Iterations for Swarm Intelligence Algorithms : a Comparative Study*.
- Siang, J. J. (2011). *Riset Operasi dalam Pendekatan Algoritmis*. <https://id.scribd.com/document/351155225/1441673481-Riset-Operasi-Edisi-2-all-pdf>
- Simbolon, L. D., & Situmorang, M. (2014). *OPTIMASI BIAYA DISTRIBUSI BERAS MISKIN (RASKIN) PADA PERUM BULOG SUB DIVRE MEDAN*. 02(03), 299–311.
- Singh, A. S., & Masuku, M. B. (2013). Fundamentals of Applied Research and Sampling Techniques. *International Journal of Medical and Applied Sciences*, 2(4), 124–132. www.earthjournals.org
- Syarifuddin, D. T. (2011). *Riset Operasi*.

- Taha, H. A. (2013). *Operations Research: an Introduction*. Pearson Education India.
- Tkachenko, A. (2001). The Multiobjective Bottleneck Transportation Problem. *Computer Science Journal of Moldova*, 9(3).
- Tohir, M. (2019). Hasil PISA Indonesia Tahun 2018 Turun Dibanding Tahun 2015 (Indonesia's PISA Results in 2018 are Lower than 2015). *Open Science Framework*, 2(December 2019), 1–2. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/8Q9VY>
- Veralianis Ramadhani, A. K. F. Y. (2025). *Determinan Penghasilan Becak Motor sebagai Transportasi Konvensional Perkotaan*. 4, 177–202.
- Zelibe, S. C., & Ugwuanyi, C. P. (2019). *Tableau And Network Representation. The transportation problem is illustrated with the model of a linear program and it appears in a network and tableau form*. 274–291.