

SKRIPSI

**PENYELESAIAN MASALAH TRANSPORTASI *FUZZY* MELALUI
PENDEKATAN PERHITUNGAN YANG EFISIEN DAN UJI OPTIMASI
DENGAN METODE MODI**



PUTRI FARRAH SASMITHA CANDRA

NIM. 21106010013

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2025



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 : Putri Farrah Sasmitha Candra

NIM : 21106010013

Judul Skripsi : Penyelesaian Masalah Transportasi *Fuzzy* melalui Pendekatan Komputasi yang Efisien dan Uji Optimasi dengan Metode MODI

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 dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 21 Mei 2025

Pembimbing

Dr. Muhammad Wakid Musthofa, S.Si., M.Si.,

NIP. 19800402 200501 1 003



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-1124/Un.02/DST/PP.00.9/06/2025

Tugas Akhir dengan judul : "Penyelesaian Masalah Transportasi Fuzzy Melalui Pendekatan Perhitungan yang Efisien dan Uji Optimasi dengan Metode MODI"

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : PUTRI FARRAH SASMITHA CANDRA
Nomor Induk Mahasiswa : 21106010013
Telah diujikan pada : Rabu, 11 Juni 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

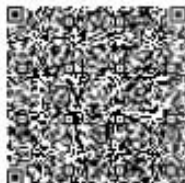
TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 684e38eff0e290



Penguji I

Dr. Sugiyanto, S.Si., ST., M.Si.
SIGNED

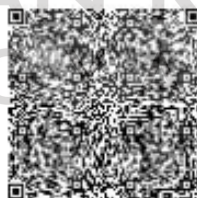
Valid ID: 684e6b1c48983



Penguji II

Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom
SIGNED

Valid ID: 684cae3ca7a46



Yogyakarta, 11 Juni 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 684fcf8e3d571

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Putri Farrah Sasmitha Candra

NIM : 21106010013

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, 27 Mei 2025



Putri Farrah Sasmitha Candra

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Karya tulis ini dipersembahkan kepada kedua orang tua, keluarga, dan
almamater Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



*"Terus belajar untuk selalu 'menanggapi',
bukan hanya 'bereaksi' terhadap situasi hidup"*

PRAKATA

Alhamdulillah rabbil'alam, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat, serta hidayah-Nya sehingga penulisan tugas akhir/skripsi dengan judul "Penyelesaian Masalah Transportasi *Fuzzy* melalui Pendekatan Perhitungan yang Efisien dan Uji Optimasi dengan Metode MODI" dapat diselesaikan dengan baik untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana (S-1) Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun serta menunjukkan umat manusia ke zaman yang lebih baik dari zaman sebelumnya (zaman kebodohan).

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, penulisan ini tidak akan berjalan dengan baik hingga dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Almamater Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Menjadi suatu keberuntungan untuk penulis dapat menuntut ilmu di kampus ini. Terimakasih banyak atas segala kesempatan yang diberikan.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Sri Utami Zuliana, S.Si., M.Sc., Ph.D., selaku dosen penasihat akademik yang telah bersedia menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan pengarahan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

5. Bapak Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah bersedia menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penulis selama penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh bapak dan ibu dosen serta staf di Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memberikan dengan setulus hati ilmu bermanfaat serta pelayanan yang baik kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan.
7. Teristimewa kedua orang tua penulis, Ayah Candra dan Ibu Dwi, yang selalu memberikan do'a, kasih sayang, perhatian, serta berbagai macam dukungan tiada henti kepada penulis. Semua pemberian dari orang tua telah menjadi sumber kekuatan dan semangat bagi penulis dalam setiap langkah dalam perjalanan yang telah penulis jalani.
8. Adik penulis, Naufal dan seluruh keluarga besar yang tercinta, kakek, nenek, paman, bibi, dan semua saudara sepupu. Terimakasih atas dukungan dan do'a yang selalu diberikan kepada penulis. Menjadi suatu keberuntungan yang sangat penulis syukuri dapat menjadi bagian dari keluarga ini.
9. Bangkil. Untuk anak Teknik Mesin, Izulhaq, tidak banyak ucapan yang bisa disampaikan oleh penulis. Lebih lengkapnya datang ke rumah saja, terimakasih banyak.
10. Sahabat seperjuangan penulis yang juga sedang berjuang, Devita, Rani, Nia, Maya, dan teman-teman grup BPJS (Adel, Hasina, Akira). Meskipun sudah jarang bertemu dan berada di kota yang berbeda, semoga persahabatan tetap berlanjut seterusnya. Semangat untuk kita!!.
11. Keluarga besar ASWA Yogyakarta. Terimakasih sudah menemani, mau direpotkan, dan selalu siap membantu selama penulis tinggal di Yogyakarta.
12. Teman kamar di tempat tinggal penulis selama di Yogyakarta. Dari kamar 4 (*The Minionn's*), kamar 1 (Para Bidadari Surga), kamar 3 (*Trio Eleven*), kamar 9 (*Virusss in-9*), kamar 3 (Kamar Bersih dan Gemas), dan teman-teman di luar kamar. Terimakasih banyak sudah menemani kehidupan penulis.
13. Teman seperjuangan Matematika angkatan 2021, terkhusus Sasa yang pernah menemani penulis sejak awal menjadi MABA, terkhusus juga mahasiswa Terapan21 yang telah menemani masa perkuliahan di akhir semester sejak

masuk konsentrasi. Terimakasih sudah menjadi teman yang baik selama penulis menjalani pendidikan di Program Studi Matematika.

14. Teman seperjuangan di organisasi, HM-PS Matematika tahun 2022 – 2023 dan 2023 – 2024 serta KMNU UIN Sunan Kalijaga, yang telah kebersamai penulis memperoleh pengalaman organisasi.
15. Teman KKN Konversi Kebun Buah dan Eduwisata Bendosari, terkhusus tim UMKM. Terimakasih sudah mau memperjuangkan KKN kita.
16. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan secara satu persatu yang telah membantu secara langsung atau tidak langsung terhadap penulis. Terimakasih banyak semuanya.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas segala kebaikan dan keikhlasan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis menyadari penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk memperbaiki skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Yogyakarta, Mei 2025

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
Surat Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir.....	ii
Pengesahan Tugas Akhir	iii
Surat Pernyataan Keaslian.....	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto.....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMBANG.....	xvi
INTISARI.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.6. Tinjauan Pustaka	5
1.7. Metode Penelitian.....	7
1.8. Sistematika Penulisan.....	10
BAB II.....	11
DASAR TEORI	11
2.1. Riset Operasi	11
2.2. Program Linier	16
2.3. Masalah Transportasi	17
2.3.1. Definisi Masalah Transportasi.....	17
2.3.2. Ciri–Ciri Masalah Transportasi	18

2.3.3.	Model Masalah Transportasi	18
2.3.4.	Langkah Menyelesaikan Masalah Transportasi	21
2.3.5.	Keseimbangan Model Masalah Transportasi	21
2.3.6.	Penyelesaian Solusi Layak Awal Masalah Transportasi (<i>Basic Feasible Solution</i>).....	23
2.3.7.	Penyelesaian Solusi Optimal Masalah Transportasi	27
2.4.	Teori Himpunan <i>Fuzzy</i>	29
2.4.1.	Himpunan Tegas (<i>Crisp Sets</i>).....	30
2.4.2.	Himpunan <i>Fuzzy</i>	31
2.4.3.	Bilangan <i>Fuzzy</i> Trapezium	35
BAB III.....		38
PEMBAHASAN		38
3.1.	Masalah Transportasi Fuzzy.....	38
3.2.	Algoritma Penyelesaian Solusi Layak Awal Menggunakan Pendekatan Perhitungan yang Efisien.....	40
3.3.	Penyelesaian Uji Optimasi Metodi MODI (Modified Distribution)	44
3.4.	Contoh Numerik Penyelesaian Masalah Transportasi Fuzzy	47
3.4.1.	Contoh 1	47
3.4.2.	Contoh 2	85
3.4.3.	Contoh 3	114
BAB IV		166
STUDI KASUS		166
4.1.	Deskripsi Studi Kasus	166
4.2.	Data dan Sumber Data	167
4.3.	Penyelesaian Masalah	169
4.3.1.	Hasil Perhitungan.....	169
4.3.2.	Interpretasi.....	215
BAB V.....		218
PENUTUP.....		218
5.1.	Kesimpulan	218
5.2.	Saran.....	219
Daftar Pustaka		221

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka.....	7
Tabel 2.1 Masalah Transportasi	20
Tabel 3.1 Masalah Transportasi Fuzzy (Contoh 1).....	47
Tabel 3.2 Ranking Function Masalah Transportasi Fuzzy (Contoh 1).....	48
Tabel 3.3 Hasil Pengurangan Setiap Baris (Contoh 1)	50
Tabel 3.4 Hasil Pengurangan Setiap Kolom (Contoh 1)	51
Tabel 3.5 Masalah Transportasi Fuzzy Tereduksi (Contoh 1)	53
Tabel 3.6 Ranking Function Masalah Transportasi Fuzzy Tereduksi (Contoh 1)	54
Tabel 3.7 Iterasi 1 (Contoh 1).....	56
Tabel 3.8 Iterasi 2 (Contoh 1).....	57
Tabel 3.9 Iterasi 3 (Contoh 1).....	59
Tabel 3.10 Iterasi 4 (Contoh 1).....	60
Tabel 3.11 Iterasi 5 (Contoh 1)	61
Tabel 3.12 Iterasi 6 (Contoh 1).....	62
Tabel 3.13 Solusi Layak Awal Masalah Transportasi Fuzzy (Contoh 1).....	63
Tabel 3.14 Solusi Layak Awal dengan Variabel Ganda (Contoh 1).....	64
Tabel 3.15 Iterasi 1 Metode MODI (Contoh 1)	67
Tabel 3.16 Iterasi 1 Metode MODI dengan Variabel Ganda (Contoh 1).....	68
Tabel 3.17 Iterasi 2 Metode MODI (Contoh 1)	70
Tabel 3.18 Iterasi 2 Metode MODI dengan Variabel Ganda (Contoh 1).....	71
Tabel 3.19 Iterasi 3 Metode MODI (Contoh 1)	74
Tabel 3.20 Iterasi 3 dengan Variabel Ganda Metode MODI (Contoh 1).....	75
Tabel 3.21 Iterasi 4 Metode MODI (Contoh 1)	77
Tabel 3.22 Iterasi 4 Metode MODI dengan Variabel Ganda (Contoh 1).....	78
Tabel 3.23 Iterasi 5 Metode MODI (Contoh 1)	80
Tabel 3.24 Iterasi 5 Metode MODI dengan Variabel Ganda (Contoh 1).....	82
Tabel 3.25 Solusi Optimal Masalah Transportasi Fuzzy (Contoh 1).....	84
Tabel 3.26 Masalah Transportasi Fuzzy (Contoh 2).....	85
Tabel 3.27 Ranking Function Masalah Transportasi Fuzzy (Contoh 2).....	86
Tabel 3.28 Hasil Pengurangan Setiap Baris (Contoh 2)	88
Tabel 3.29 Hasil Pengurangan Setiap Kolom (Contoh 2)	89
Tabel 3.30 Masalah Transportasi Fuzzy Tereduksi (Contoh 2)	90
Tabel 3.31 Ranking Function Masalah Transportasi Fuzzy Tereduksi (Contoh 2)	91
Tabel 3.32 Iterasi 1 (Contoh 2).....	93
Tabel 3.33 Iterasi 2 (Contoh 2).....	95
Tabel 3.34 Iterasi 3 (Contoh 2).....	96
Tabel 3.35 Iterasi 4 (Contoh 2).....	97
Tabel 3.36 Iterasi 5 (Contoh 2).....	98
Tabel 3.37 Solusi Layak Awal Masalah Transportasi Fuzzy (Contoh 2).....	99
Tabel 3.38 Solusi Layak Awal dengan Variabel Ganda (Contoh 2).....	100
Tabel 3.39 Iterasi 1 Metode MODI (Contoh 2).....	102

Tabel 3.40 Iterasi 1 Metode MODI dengan Variabel Ganda (Contoh 2).....	103
Tabel 3.41 Iterasi 2 Metode MODI (Contoh 2)	105
Tabel 3.42 Iterasi 2 Metode MODI dengan Variabel Ganda (Contoh 2).....	106
Tabel 3.43 Iterasi 3 Metode MODI (Contoh 2)	108
Tabel 3.44 Iterasi 3 Metode MODI dengan Variabel Ganda (Contoh 2).....	109
Tabel 3.45 Iterasi 4 Metode MODI (Contoh 2)	111
Tabel 3.46 Iterasi 4 Metode MODI dengan Variabel Ganda (Contoh 2).....	112
Tabel 3.47 Solusi Optimal Masalah Transportai Fuzzy (Contoh 2)	114
Tabel 3.48 Masalah Transportasi Fuzzy (Contoh 3).....	114
Tabel 3.49 Masalah Transportasi Fuzzy Seimbang (Contoh 3).....	115
Tabel 3.50 Ranking Function Masalah Transportasi Fuzzy (Contoh 3).....	117
Tabel 3.51 Hasil Pengurangan Setiap Baris (Contoh 3)	119
Tabel 3.52 Hasil Pengurangan Setiap Kolom (Contoh 3)	121
Tabel 3.53 Masalah Transportasi Fuzzy Tereduksi (Contoh 3)	123
Tabel 3.54 Ranking Function Masalah Transportasi Fuzzy Tereduksi (Contoh 3)	124
Tabel 3.55 Iterasi 1 (Contoh 3).....	128
Tabel 3.56 Iterasi 2 (Contoh 3).....	131
Tabel 3.57 Iterasi 3 (Contoh 3).....	133
Tabel 3.58 Iterasi 4 (Contoh 3).....	136
Tabel 3.59 Iterasi 5 (Contoh 3).....	137
Tabel 3.60 Iterasi 6 (Contoh 3).....	138
Tabel 3.61 Solusi Layak Awal Masalah Transportasi Fuzzy (Contoh 3).....	140
Tabel 3.62 Solusi Layak Awal dengan Variabel Ganda (Contoh 3).....	141
Tabel 3.63 Iterasi 1 Metode MODI (Contoh 3)	145
Tabel 3.64 Iterasi 1 Metode MODI dengan Variabel Ganda (Contoh 3).....	146
Tabel 3.65 Iterasi 2 Metode MODI (Contoh 3)	150
Tabel 3.66 Iterasi 2 Metode MODI dengan Variabel Ganda (Contoh 3).....	151
Tabel 3.67 Iterasi 3 Metode MODI (Contoh 3)	155
Tabel 3.68 Iterasi 3 Metode MODI dengan Variabel Ganda (Contoh 3).....	156
Tabel 3.69 Iterasi 4 Metode MODI (Contoh 3)	160
Tabel 3.70 Iterasi 4 Metode MODI dengan Variabel Ganda (Contoh 3).....	161
Tabel 3.71 Solusi Optimal Masalah Transportasi Fuzzy (Contoh 3).....	165
Tabel 4.1 Masalah Transportasi Fuzzy (MENARA Feedmill)	168
Tabel 4. 2 Masalah Transportasi Fuzzy Seimbang (MENARA Feedmill)	170
Tabel 4.3 Ranking Function Masalah Transportasi Fuzzy (MENARA Feedmill)	172
Tabel 4.4 Hasil Pengurangan Setiap Baris (MENARA Feedmill).....	174
Tabel 4.5 Hasil Pengurangan Setiap Kolom (MENARA Feedmill).....	176
Tabel 4.6 Masalah Transportasi Fuzzy Tereduksi (MENARA Feedmill).....	178
Tabel 4.7 Ranking Function Masalah Transportasi Fuzzy Tereduksi (MENARA Feedmill)	180
Tabel 4.8 Iterasi 1 (MENARA Feedmill)	183

Tabel 4.9 Iterasi 2 (MENARA Feedmill)	186
Tabel 4.10 Iterasi 3 (MENARA Feedmill)	188
Tabel 4.11 Iterasi 4 (MENARA Feedmill).....	189
Tabel 4.12 Iterasi 5 (MENARA Feedmill)	191
Tabel 4.13 Iterasi 6 (MENARA Feedmill)	192
Tabel 4.14 Solusi Layak Awal Masalah Transportasi Fuzzy (MENARA Feedmill)	194
Tabel 4.15 Solusi Layak Awal dengan Variabel Ganda (MENARA Feedmil) ...	196
Tabel 4.16 Iterasi 1 Metode MODI (MENARA Feedmil).....	199
Tabel 4.17 Iterasi 1 Metode MODI dengan Variabel Ganda (MENARA Feedmil)	201
Tabel 4.18 Iterasi 2 Metode MODI (MENARA Feedmil).....	204
Tabel 4.19 Iterasi 2 Metode MODI dengan Variabel Ganda (MENARA Feedmil)	206
Tabel 4.20 Iterasi 3 Metode MODI (MENARA Feedmil).....	209
Tabel 4.21 Iterasi 3 Metode MODI dengan Variabel Ganda (MENARA Feedmil)	211
Tabel 4.22 Solusi Optimal Masalah Transportasi Fuzzy (MENARA Feedmill)	214
Tabel 4.23 Perbandingan Hasil Penyelesaian Masalah Transportasi Fuzzy (MENARA Feedmill).....	216



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 QS: Al-Baqarah ayat 30	1
Gambar 1.2 Diagram Alur Penelitian	9
Gambar 2.1 Diagram Alur Tahapan Riset Operasi	14
Gambar 2.2 Skema Masalah Transportasi	19
Gambar 2.3 Macam-macam Kurva Fungsi Keanggotaan (Membership Function)	35
Gambar 3.1 Diagram Alur Penyelesaian Solusi Layak Awal Menggunakan Pendekatan Perhitungan yang Efisien.....	43
Gambar 3.2 Diagram Alur Uji Optimasi Menggunakan Metode MODI.....	46

DAFTAR LAMBANG

$\sum_{r=1}^m c_r x_r$	: Penjumlahan $c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + \dots + c_m x_m$
$Min Z$	: Minimum Z
$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$	: Penjumlahan $c_{11} x_{11} + c_{12} x_{12} + c_{13} x_{13} + \dots + c_{mn} x_{mn}$
$\sum_{i=1}^m a_i$	: Penjumlahan $a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_m$
$\sum_{j=1}^n b_j$	: Penjumlahan $b_1 + b_2 + b_3 + \dots + b_n$
x_{ij}	: Variabel x dengan penomoran baris ke- i dan kolom ke- j
$\tilde{A}$	: Himpunan <i>fuzzy</i> A
$\mu_{\tilde{A}}(x)$	: Derajat keanggotaan pada himpunan <i>fuzzy</i> A
$<$	: Kurang dari
$>$	: Lebih dari
$\leq$	: Kurang dari sama dengan
$\geq$	: Lebih dari sama dengan
$R(\widetilde{c}_{ij})$	: <i>Ranking function</i> bilangan <i>fuzzy</i> c_{ij}

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

INTISARI

PENYELESAIAN MASALAH TRANSPORTASI *FUZZY* MELALUI PENDEKATAN PERHITUNGAN YANG EFISIEN DAN UJI OPTIMASI DENGAN METODE MODI

Oleh

PUTRI FARRAH SASMITHA CANDRA

NIM. 21106010013

Masalah transportasi merupakan salah satu bentuk khusus dari permasalahan program linier yang bertujuan untuk meminimalkan biaya pengiriman suatu barang dari suatu sumber ke suatu tujuan tertentu. Akan tetapi, dalam praktik masalah transportasi seringkali terjadi kendala berupa munculnya ketidakpastian dalam parameter masalah transportasi seperti biaya, jumlah penawaran, dan jumlah permintaan. Untuk mengatasi ketidakpastian yang terjadi dalam suatu permasalahan transportasi, dilakukan suatu pendekatan *fuzzy*. Masalah transportasi *fuzzy* adalah suatu masalah transportasi dimana semua parameter yang digunakan menggunakan bilangan *fuzzy*. Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah transportasi dengan ketidakpastian yang muncul di dalamnya melalui suatu pendekatan perhitungan yang efisien, kemudian uji optimasi menggunakan Metode MODI. Semua data atau parameter yang digunakan dalam masalah transportasi berupa bilangan *fuzzy* trapesium dan seluruh operasi perhitungan yang digunakan juga mengikuti ketentuan dari operasi aritmatika bilangan *fuzzy* trapesium. Pendekatan perhitungan yang efisien diaplikasikan terhadap suatu masalah transportasi *fuzzy* hingga memperoleh solusi layak awal yang nantinya akan diuji optimasinya menggunakan Metode MODI. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa melalui pendekatan dan metode yang diaplikasikan terhadap perhitungannya, diperoleh solusi yang efisien meskipun terdapat unsur ketidakpastian.

Kata kunci: Masalah Transportasi, Himpunan *Fuzzy*, Masalah Transportasi *Fuzzy*, Bilangan *Fuzzy* Trapesium, Metode MODI

ABSTRACT

SOLVING FUZZY TRANSPORTATION PROBLEMS THROUGH AN EFFICIENT COMPUTATIONAL APPROACH AND OPTIMIZATION TESTS WITH MODI METHOD

By

PUTRI FARRAH SASMITHA CANDRA

NIM. 21106010013

The transportation problem is a special form of linear programming problem that aims to minimize the cost of shipping items from sources to destinations. However, in practice, transportation problems often involve uncertainties in parameters such as cost, supply, and demand. To address these uncertainties, a fuzzy approach is applied. A fuzzy transportation problem is one in which all parameters are represented by fuzzy numbers. This research aims to solve transportation problems with uncertain parameters using an efficient computational approach, followed by an optimization test using the MODI (Modified Distribution) Method. All data or parameters in the transportation problem are represented by trapezoidal fuzzy numbers, and all calculations adhere to the rules of arithmetic operations for trapezoidal fuzzy numbers. An efficient computational approach is used to determine an initial feasible solution, which is then tested for optimality using the MODI Method. The results of this study indicate that the applied approach and method produce an efficient solution, even in the presence of uncertainty.

Keywords: Transportation Problems, Fuzzy Sets, Fuzzy Transportation Problems, Trapezoidal Fuzzy Numbers, MODI Method

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Manusia hidup di muka bumi ini sejatinya memiliki tujuan. Seperti halnya tujuan Allah menciptakan manusia adalah untuk menjadikannya khalifah di bumi. Disebutkan dalam QS: Al-Baqarah ayat 30 pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 QS: Al-Baqarah ayat 30 (NU Online, 2025)

Artinya: “(Ingatlah) ketika Tuhanmu Berfirman kepada malaikat, ‘Aku hendak menjadikan khalifah di bumi.’ Mereka bertanya, ‘Apakah Engkau hendak menjadikan orang yang merusak dan menumpahkan darah di sana, sedangkan kami bertasbih memuji-Mu dan menyucikan nama-Mu?’ Dia berfirman, ‘Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui.’”

Ayat tersebut menjelaskan tentang penyampaian keputusan Allah kepada para malaikat tentang rencana-Nya menciptakan manusia di bumi. Penyampaian kepada para malaikat menjadi penting karena nantinya akan ada hubungan yang terjadi antara malaikat dengan manusia sebagai khalifah di bumi. Hakikat khalifah di bumi bukan berarti manusia sebagai pemilik atau penguasa di atas bumi, akan tetapi manusia hanya sebagai wakil dari sang pemilik sejati yaitu Allah SWT. Amanah yang diberikan kepada manusia sebagai khalifah di bumi mencakup etika dan adab

kepada Allah SWT sebagai Tuhannya, kepada sesama manusia, serta kepada alam semesta. Untuk memenuhi tugas atau amanah dari Allah SWT, manusia dibekali dengan kekuatan akal dan tuntunan wahyu. Selain itu, manusia juga diberi kelebihan dibanding ciptaan-Nya yang lain seperti kemampuan untuk berfikir dengan menggunakan akalnya (Garwan, 2019).

Manusia memiliki tanggung jawab untuk selalu memastikan segala tindakan yang dilakukan. Manfaat yang ditimbulkan dari tindakan manusia sebagai seorang khalifah tidak hanya untuk sesama manusia tetapi juga tetap dengan menjaga keseimbangan lingkungan. Salah satu bentuk tugas yang merupakan amanah sebagai khalifah di bumi adalah dengan mengelola dan memelihara sumberdaya dengan baik dan bijaksana. Dalam pelaksanaannya akan mencakup banyak aspek kehidupan di berbagai bidang seperti ekonomi, lingkungan hidup, sosial, teknologi dan inovasi, bisnis, industri, serta berbagai bidang lainnya. Dalam bidang ekonomi, bisnis, dan industri, masalah transportasi memiliki peran yang penting. Oleh karena itu perlu dipastikan bahwa pengelolaan sistem transportasi yang efektif dan efisien berjalan dengan baik.

Saat ini, melihat keadaan pasar yang sangat komprehensif menjadikan banyak pihak yang mencoba untuk menciptakan dan memberikan pelayanan kepada konsumen dengan lebih baik. Dimana pengiriman sebuah produk dalam jumlah tertentu sesuai permintaan kepada konsumen dapat memperoleh cara dan waktu yang tepat dengan biaya yang optimal. Untuk memenuhi hal tersebut, model transportasi hadir sebagai sebuah kerangka yang kuat. Model transportasi dapat memberikan solusi yang bisa membantu menyelesaikan masalah tersebut dengan baik karena model transportasi akan memastikan adanya pergerakan yang efisien dengan mempertimbangkan ketersediaan barang (Kaur & Kumar, 2011).

Permasalahan transportasi bisa digolongkan sebagai suatu masalah optimasi dimana nantinya akan melibatkan alokasi suatu sumberdaya dari suatu lokasi ke lokasi lain dengan tujuan tertentu serta dibatasi oleh kendala tertentu. Beberapa tujuan dari penyelesaian masalah transportasi adalah meminimalkan biaya, memaksimalkan keuntungan, efisiensi penggunaan sumberdaya, mengoptimalkan

distribusi, dan lain sebagainya. Untuk mencapai tujuan tersebut, ada banyak cara yang digunakan untuk menyelesaikan suatu kasus masalah transportasi. Masalah transportasi sudah ada sejak zaman kuno. Diawali pada tahun 1781, *Monge* (seorang matematikawan dari Perancis) meresmikan konsep masalah transportasi. Kemudian pada tahun 1941 *Hitchcock* menjadi orang pertama yang mempresentasikan asal muasal masalah transportasi dalam studi yang dipresentasikan olehnya tentang distribusi komoditas dari berbagai sumber ke banyak tujuan (Ula et al., 2021). Kemudian pada tahun 1947, *Goerge B. Dantziq* telah berjasa menemukan metode dalam mencari solusi masalah *linear programming* dengan banyak variabel keputusan yaitu metode simpleks (Sriwidadi & Agustina, 2013). Dengan munculnya metode simpleks, banyak penyelesaian masalah transportasi yang dilakukan secara efektif setelah mengadopsi dari metode tersebut. Seiring berkembangnya zaman, berbagai macam metode atau algoritma penyelesaian masalah transportasi yang muncul serta dikembangkan untuk menemukan solusi yang lebih optimal dan efisien. Hingga sampai masa kini, permasalahan program linier terkait masalah transportasi tidak hanya digunakan dalam masalah pendistribusian barang namun diterapkan di berbagai sektor lain dengan tujuan yang mengarah pada solusi yang lebih efektif dan berkelanjutan dalam sektor tersebut.

Dalam beberapa praktik yang sudah ada, data dalam permasalahan transportasi terkadang mengandung suatu ketidakpastian. Beberapa ketidakpastian yang terjadi seperti ketidakpastian mengenai biaya dimana ada kemungkinan perubahan biaya sewaktu-waktu, ketidakpastian permintaan yang terjadi akibat fluktuasi dalam permintaan pelanggan, ketidakpastian ketersediaan sumberdaya, dan lain sebagainya. Berbagai ketidakpastian yang terjadi menjadikan suatu masalah transportasi menjadi lebih kompleks dan perlu mendapatkan pendekatan serta penanganan yang lebih baik guna menghadapi ketidakpastian tersebut. Ketidakpastian tersebut dapat ditangani salah satunya adalah dengan menggunakan konsep *fuzzy*.

Pendekatan *fuzzy* dapat digunakan untuk menghadapi ketidakpastian yang muncul dalam suatu parameter pada suatu data masalah transportasi, karena pendekatan ini menjadi salah satu metode yang telah dikembangkan terutama dalam bidang ilmu matematika dan optimasi. Penggunaan pendekatan *fuzzy* memungkinkan representasi data menggunakan bilangan *fuzzy*. Data yang direpresentasikan merupakan data yang tidak pasti sepenuhnya atau sebagian. Data tersebut akan dimodelkan secara matematis dan analisis untuk memperoleh solusi yang mendekati kenyataan.

Suatu permasalahan transportasi yang diselesaikan dengan menggunakan pendekatan *fuzzy* memiliki ketentuan dan cara perhitungan yang berbeda dengan masalah transportasi yang diselesaikan tanpa menggunakan pendekatan *fuzzy*. Akan tetapi beberapa metode tetap digunakan untuk menyelesaikan masalah transportasi yang diselesaikan menggunakan pendekatan *fuzzy* ataupun tidak. Dalam penelitian kali ini, suatu permasalahan transportasi *fuzzy* akan diselesaikan melalui pendekatan perhitungan yang efisien untuk menentukan solusi layak awal dan uji optimasi dengan Metode MODI.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana konsep dasar masalah transportasi *fuzzy*?
2. Bagaimana menentukan solusi layak awal masalah transportasi *fuzzy* dengan menggunakan pendekatan perhitungan yang efisien?
3. Bagaimana penentuan uji optimasi solusi dari penyelesaian awal masalah transportasi *fuzzy* dengan menggunakan metode MODI?

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, dapat ditetapkan Batasan masalah dalam penelitian adalah:

1. Masalah transportasi dalam bentuk himpunan *fuzzy* trapezium.
2. Pendekatan perhitungan yang efisien digunakan untuk mencari solusi awal tanpa mengubah ke dalam bentuk bilangan tegas.
3. Metode penyelesaian uji optimasi menggunakan metode MODI.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai penulis dalam penelitian ini adalah:

1. Mempelajari konsep dasar masalah transportasi *fuzzy*.
2. Mempelajari cara menentukan solusi layak awal masalah transportasi *fuzzy* dengan menggunakan pendekatan perhitungan yang efisien.
3. Mempelajari penentuan uji optimasi solusi dari penyelesaian awal masalah transportasi *fuzzy* dengan menggunakan metode MODI.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan pemahaman tentang konsep dasar masalah transportasi *fuzzy*
2. Memberikan pemahaman tentang cara menentukan solusi layak awal masalah transportasi *fuzzy* dengan menggunakan pendekatan perhitungan yang efisien
3. Memberikan pemahaman tentang penentuan uji optimasi solusi dari penyelesaian awal masalah transportasi *fuzzy* dengan menggunakan metode MODI.

1.6. Tinjauan Pustaka

Beberapa tinjauan pustaka yang relevan dan digunakan untuk landasan teori dalam penelitian ini bersumber dari buku, makalah, jurnal, dan skripsi.

1. Penelitian yang dilakukan oleh Anshika Agrawal dan Neha Singhal di tahun 2023 dalam *paper*-nya yang berjudul “*An Efficient Computational Approach*

for Basic Feasible Solution of Fuzzy Transportation Problems”. (Agrawal & Singhal, 2024)

Penelitian ini berisi usulan sebuah algoritma yang lebih baik untuk mencari solusi layak awal untuk masalah transportasi *fuzzy*. Algoritma ini diterapkan ke masalah transportasi yang sepenuhnya *fuzzy* dan diwakilkan dengan bilangan *fuzzy* trapezium tanpa mengubah menjadi bilangan tegas (*crisp*).

2. Penelitian yang dilakukan oleh Amarpreet Kaur dan Amit Kumar di tahun 2010 dalam *paper*-nya yang berjudul “*A New Method for Solving Fuzzy Transportation Problems Using Ranking Function*”. (Kaur & Kumar, 2011)

Penelitian ini berisi metode baru yang diusulkan untuk menyelesaikan masalah transportasi (solusi layak awal dan uji optimasi) dengan merepresentasikan ketersediaan biaya transportasi dan permintaan produk menggunakan bilangan *fuzzy* trapezium yang digeneralisasi.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Putri Farrah Sasmitha Candra di tahun 2025 dengan penelitian berjudul “*Penyelesaian Masalah Tansportasi Fuzzy Melalui Pendekatan Perhitungan yang Efisien dan Uji Optimasi dengan Metode MODI*”. Penelitian ini berisi penyelesaian suatu masalah transportasi *fuzzy* melalui pendekatan perhitungan yang efisien untuk menentukan solusi layak awal dan uji optimasi dengan Metode MODI. Dalam penelitian ini, di angkat suatu studi kasus dari suatu perusahaan tentang masalah transportasi.

Penelitian ini menggunakan referensi utama dari penelitian berjudul “*An Efficient Computational Approach for Basic Feasible Solution of Fuzzy Transportation Problems*” yang dilakukan oleh Anshika Agrawal dan Neha Singhal. Perbedaan penelitian ini dengan referensi utamanya adalah tidak adanya pembandingan dengan metode lain seperti yang diberikan pada referensi utama tersebut. Perbedaan lainnya pada penelitian ini adalah akan ditambahkan metode untuk uji optimasi yaitu Metode *Modified Distribution* (MODI) yang menjadi bagian dalam penyelesaian masalah transportasi *fuzzy*. Akan disajikan penjelasan mengenai perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka

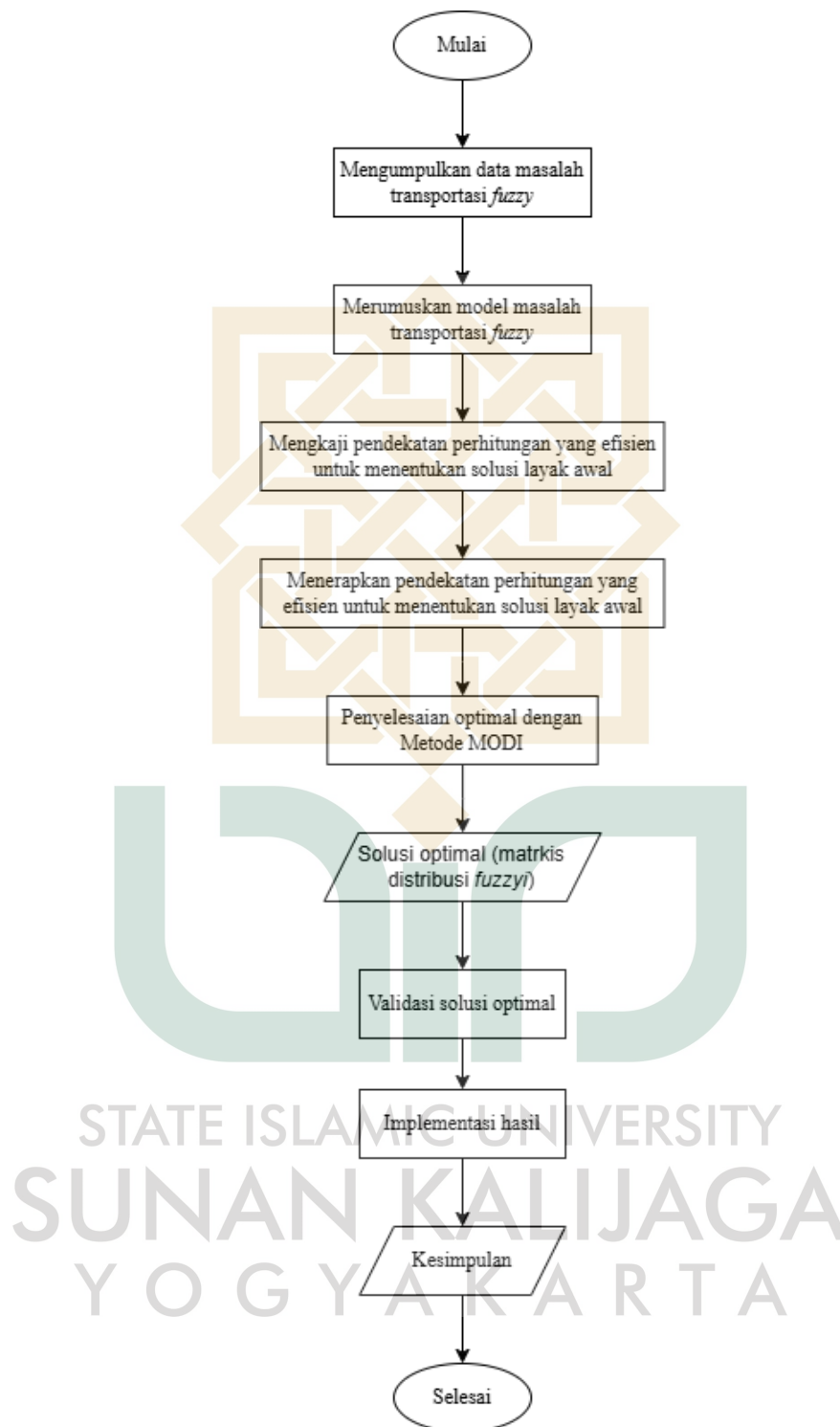
Nama Peneliti	Judul Penelitian	Perbedaan
Anshika Agrawal dan Neha Singhal (2024)	An Efficient Computational Approach for Basic Feasible Solution of Fuzzy Transportation Problems	Penelitian ini menyajikan perbandingan metode yang diterapkan untuk menentukan solusi layak awal dari masalah transportasi dengan metode-metode lain.
Amarpreet Kaur dan Amit Kumar (2011)	A New Method for Solving Fuzzy Transportation Problems Using Ranking Function	Penelitian ini menyajikan penyelesaian masalah transportasi <i>fuzzy</i> dengan menggunakan beberapa metode.
Putri Farrah Sasmitha Candra (2025)	Penyelesaian Masalah Transportasi <i>Fuzzy</i> Melalui Pendekatan Perhitungan yang Efisien dan Uji Optimasi dengan Metode MODI	Penelitian ii menyajikan penyelesaian suatu masalah transportasi <i>fuzzy</i> melalui pendekatan perhitungan yang efisien untuk menentukan solusi layak awal dan uji optimasi dengan Metode MODi, serta mengambil suatu kasus baru yang akan diselesaikan.

1.7. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, digunakan metode yang melibatkan pendekatan studi literatur, penelitian terapan, dan simulasi numerik. Bentuk kegiatan yang dilakukan dalam pendekatan studi literatur adalah dengan mengkaji berbagai referensi seperti artikel dan jurnal ilmiah, serta buku. Semua referensi dipilih berdasarkan kesesuaiannya dengan topik yang dipilih. Topik yang dikaji dalam penelitian ini mencakup konsep dasar masalah transportasi, teori himpunan *fuzzy*, dan keterkaitan keduanya dalam sebuah permasalahan yang nantinya akan diselesaikan dengan

pencarian solusi layak awal dengan menggunakan pendekatan perhitungan yang efisien serta uji optimal dengan metode MODI.

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang mana tahapan tersebut dimulai dengan memahami semua konsep dasar tentang masalah transportasi dan himpunan *fuzzy*. Kemudian dilakukan analisis mendalam tentang cara penyelesaian masalah transportasi *fuzzy* serta simulasi numerik yang dilakukan untuk menguji model serta menganalisis hasilnya. Alur penelitian ini dirangkum secara visual untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai penelitian ini. Bentuk visual diberikan dengan bentuk diagram alur pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Diagram Alur Penelitian

1.8. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penulisan penelitian kali ini terbagi menjadi lima bab, yaitu:

- Bab I : Bab ini membahas tentang pendahuluan yang di dalamnya memuat latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, metode penelitian, serta sistematika penulisan.
- Bab II : Bab ini membahas tentang teori dasar yang diperlukan sebagai pengetahuan dalam melakukan penelitian. Teori dasar yang dibahas meliputi pengetahuan tentang riset operasi, program linear, masalah transportasi, dan teori himpunan *fuzzy*.
- Bab III : Bab ini berisi pembahasan mengenai masalah transportasi *fuzzy* serta contoh numerik penyelesaiannya.
- Bab IV : Bab ini berisi pembahasan tentang studi kasus yang dibahas dalam penelitian.
- Bab V : Bab ini berisi pembahasan tentang kesimpulan dan saran berdasarkan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan.

BAB V

PENUTUP

Pada bab ini diberikan kesimpulan dan saran yang dapat diambil berdasarkan penjelasan yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya.

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penjelasan pada bab-bab sebelumnya adalah:

1. Masalah transportasi *fuzzy* merupakan suatu bentuk khusus dari program linier yang bertujuan untuk meminimalkan biaya distribusi barang dari suatu sumber ke suatu tujuan dimana telah mengadopsi konsep *fuzzy* yang digunakan sebagai bentuk solusi dari ketidakpastian yang muncul. Konsep ketidakpastian dalam *fuzzy* diadopsi dalam proses estimasi nilai-nilai untuk keseluruhan parameter dalam transportasi seperti biaya transportasi, jumlah penawaran dari suatu sumber hingga jumlah permintaan dari suatu tujuan.
2. Dalam proses penyelesaian masalah transportasi *fuzzy*, untuk menentukan solusi layak awal dapat dilakukan dengan suatu pendekatan perhitungan yang efisien yang prosesnya dilakukan tanpa mengubah bilangan *fuzzy* menjadi bilangan tegas (*crisp*). Algoritma pendekatan ini diawali dengan memastikan bahwa masalah transportasi *fuzzy* sudah seimbang (jumlah permintaan sama dengan jumlah penawaran), jika belum maka perlu diseimbangkan dengan menambahkan baris atau kolom *dummy* (semu). Dilanjutkan dengan menentukan biaya operasional tertinggi dari setiap baris dan kolom, mengurangkannya dengan biaya di setiap sel dari baris atau kolom tersebut. Kemudian mereduksi setiap sel dalam suatu baris atau kolom dengan nilai terbesar menjadikannya tabel masalah transportasi tereduksi. Selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai d_{ij} untuk setiap biaya operasi di setiap sel dengan mengurangkan jumlah biaya maksimum baris (u_i) dan kolom (v_j) dari setiap selnya. Hasil nilai estimasi tersebut dipilih yang paling negatif untuk alokasi, dan proses tersebut terus diulang dengan menghapus baris atau kolom yang

sudah terisi alokasi hingga seluruh permintaan habis dan penawaran telah terpenuhi. Dalam keseluruhan algoritma yang dilakukan untuk menentukan solusi awal masalah transportasi, ada beberapa sifat dan operasi aritmatika yang berlaku khusus pada bilangan *fuzzy* dan harus diperhatikan. Pada studi kasus yang diangkat dalam penelitian ini, solusi layak awal yang diperoleh adalah $\tilde{x}_{12} = (14050, 26800, 28000, 35200)$, $\tilde{x}_{21} = (2650, 4050, 6700, 13000)$, $\tilde{x}_{22} = (-25250, -12400, 6350, 75900)$, $\tilde{x}_{31} = (10000, 15000, 20100, 32550)$, $\tilde{x}_{33} = (23700, 24750, 41750, 42500)$, dan biaya minimum sebesar $(32488312.5, 33233912.5, 35345812.5, 37198175)$.

3. Solusi layak awal yang diperoleh dengan pendekatan perhitungan yang efisien dapat dinyatakan merupakan solusi optimal dari masalah transportasi dengan menguji keoptimalannya. Uji optimal dapat dilakukan dengan menggunakan Metode *Modified Distribution* (MODI). Metode MODI mampu menyempurnakan solusi layak awal dengan menggunakan iterasi yang lebih terarah dan mampu digunakan meskipun parameter berupa bilangan *fuzzy*. Berdasarkan perhitungan pada studi kasus yang dibahas dalam penelitian ini, diperoleh alokasi barang yang sudah optimal yaitu $\tilde{x}_{11} = (2650, 4050, 6700, 13000)$, $\tilde{x}_{13} = (10000, 15000, 20100, 32550)$, $\tilde{x}_{22} = (-44100, 6650, 42100, 144000)$, $\tilde{x}_{24} = (23700, 24750, 41750, 42500)$, dan biaya minimum sebesar $(31076500, 31878652, 34091062.5, 35826862.5)$.

5.2. Saran

Berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya serta kesimpulan yang telah diberikan, ada beberapa saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan penelitian berikutnya:

1. Penyelesaian masalah transportasi *fuzzy* dengan menggunakan pendekatan perhitungan yang efisien serta dilakukannya uji optimasi dengan menggunakan Metode MODI dalam penelitian ini dapat dituangkan ke dalam sebuah program komputer. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah mengembangkan satu program perhitungan yang berbahasa pemrograman atau mengembangkan

perangkat lunak dengan tujuan mempermudah perhitungan dan implementasi pendekatan perhitungan dengan skala yang lebih besar dan juga untuk efisiensi.

2. Pada penelitian ini, studi kasus yang diangkat hanya diselesaikan menggunakan pendekatan perhitungan yang efisien dan juga uji optimasi dengan menggunakan Metode MODI. Untuk penelitian selanjutnya disarankan penggunaan metode lain untuk dapat membandingkan hasilnya secara optimasinya atau secara efisiensinya dengan metode kali ini.
3. Untuk penelitian selanjutnya disarankan penggunaan cara atau metode dalam penelitian ini untuk studi lanjutan terhadap kasus-kasus lain di berbagai bidang seperti bidang logistik atau manajemen rantai pasok yang di dalamnya terjadi kemungkinan kemunculan ketidakpastian.
4. Dalam penelitian selanjutnya, konsep *fuzzy* yang digunakan sebagai solusi atas ketidakpastian dapat diterapkan lebih luas dalam ilmu matematika seperti teori graf, teori permainan, pemodelan matematika, dan lain sebagainya.



Daftar Pustaka

- Agrawal, A., & Singhal, N. (2024). An efficient computational approach for basic feasible solution of fuzzy transportation problems. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 15(7), 3337–3349. <https://doi.org/10.1007/s13198-024-02340-9>
- Almahdi, D., Sari, R. P., Momon, A., & Mahendra, D. (2023). *Optimasi Biaya Pengiriman dengan Penerapan Metode Least Cost dan Metode Modified Distribution di UMKM Home Industry Tahu*. VIII(1).
- Chandra, T. (2016). Penerapan Algoritma North West Corner Dalam Penyelesaian Masalah Transportasi. In *Jurnal TIMES: Vol. V*.
- Chaudhuri, A., & De, K. (2013). *A Comparative study of Transportation Problem under Probabilistic and Fuzzy Uncertainties* * Corresponding Author.
- Dimiyati, T. T., & Dimiyati, A. (1992). *OPERATIONS RESEARCH Model-model Pengambilan Keputusan* (2nd ed., Vol. 1). PT Sinar Baru Algesindo.
- Garwan, M. S. (2019). *TELA'AH TAFSIR EKOLOGI AL-QUR'AN SURAT AL-BAQARAH AYAT 30: MENGUNGKAP SIKAP ANTROPOSENTRIS MANUSIA PADA KAWASAN AKE JIRA HALMAHERA*.
- Gilbert Ginting, Y., & Syahmarani, A. (2015). MEMINIMUMKAN BIAYA TRANSPORTASI DENGAN METODE ALLOCATION TABLE METHOD DAN MODIFIED DISTRIBUTION Parapat Gultom. In *Journal of Mathematics Education and Science* (Vol. 10, Issue 1).
- Harahap, L. M., Nasution, A. H., Rahma, Y., Alfandi, R., Elma, P., Mardewina, R., Nico, J., & Silaban, V. (2024). *PERKEMBANGAN RISET OPERASI DAN MODELNYA*. 2(6), 603–611. <https://doi.org/10.61722/jiem.v2i6.1555>
- 'Hartama, D., 'Andani, S. R., 'Pradana, T. A. Y., 'Ayu, E. M., & "Solikhun." (2020). *Riset Operasi: Optimalisasi Produksi Menggunakan Metode Simpleks & Metode Grafik*.
- Kaur, A., & Kumar, A. (2011). A new method for solving fuzzy transportation problems using ranking function. *Applied Mathematical Modelling*, 35(12), 5652–5661. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2011.05.012>
- Kavikumar. (2024). *Handout Fuzzy Set Theory And Applications*.
- Klir, G. J. ., & Yuan, Bo. (2003). *Fuzzy sets and fuzzy logic : theory and applications*. Prentice Hall of India.

- Lasmana, A. (2021). Metode Transportasi Pada Program Linear Untuk Pendistribusian Barang. *Jurnal Matematika*, 20(1).
- Maliniand, P., & Ananthanarayanan, M. (2016). Solving Fuzzy Transportation Problem using Ranking of Trapezoidal Fuzzy Numbers. In *International Journal of Mathematics Research* (Vol. 8, Issue 2). <http://www.irphouse.com>
- Meflinda, A., & Mahyarni. (2011). *Operations Research (Riset Operasi)*. UNRI Press.
- Murni, J. M., Terapan, D., Jufri, A., & Yusuf, A. (2017). *OPTIMASI MASALAH TRANSPORTASI FUZZY MENGGUNAKAN METODE FUZZY MODIFIED DISTRIBUTION UNTUK MEMPREDIKSI BIAYA ANGKUTAN TOTAL DAN ALOKASI BARANG (PAKAN TERNAK) (Studi Kasus : CV. Mentari Nusantara Feedmill)*. 11(1), 38–47.
- Narayanamoorthy, S., Saranya, S., & Maheswari, S. (2013). A Method for Solving Fuzzy Transportation Problem (FTP) using Fuzzy Russell's Method. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 5(2), 71–75. <https://doi.org/10.5815/ijisa.2013.02.08>
- Ngastiti, P. T. B., Surarso, B., & Sutimin. (2018). Zero point and zero suffix methods with robust ranking for solving fully fuzzy transportation problems. *Journal of Physics: Conference Series*, 1022(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1022/1/012005>
- NU Online. (2025). Al-Qur'an dan Terjemah Digital NU Online. Diakses pada Mei 2025, dari <https://quran.nu.or.id/>
- Pratihar, J., Kumar, R., Edalatpanah, S. A., & Dey, A. (2021). Modified Vogel's approximation method for transportation problem under uncertain environment. *Complex and Intelligent Systems*, 7(1), 29–40. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00153-4>
- Sinaga, R. (2023). Penerapan Metode Stepping Stone Untuk Transportasi Pengiriman Barang. *Journal Global Tecnology Computer*, 2(2), 54–60.
- Sriwidadi, T., & Agustina, E. (2013). *Analisis Optimalisasi Produksi dengan Linear Programming Melalui Metode Simpleks*.
- Syahputra, E. (2017). *PROGRAM LINIER*. <https://www.researchgate.net/publication/321382743>
- TARIGAN, M. L., TASTRAWATI, N. K. T., & UTARI, I. A. P. A. (2023). OPTIMISASI BIAYA TRANSPORTASI MENGGUNAKAN METODE STEPPING STONE DENGAN SOLUSI AWAL TOCM-SUM APPROACH DAN KSAM. *E-Jurnal Matematika*, 12(1), 77. <https://doi.org/10.24843/mtk.2023.v12.i01.p403>

- Uddin, S., Rahman Khan, A., Kibria, C. G., & Raeva, I. (2016). Improved Least Cost Method to Obtain a Better IBFS to the Transportation Problem. In *Journal of Applied Mathematics & Bioinformatics* (Vol. 6, Issue 2). online) Scienpress Ltd.
- Ula, U., Khabibah, S., & Heri, R. (2021). *Penentuan Solusi Fisibel Awal Masalah Transportasi dengan Minimum Demand Method*. <https://doi.org/10.30598/PattimuraSci.2021.KNMXX>
- Usen, J., Akpan, S., Ugbe, T., & Ajah, O. (2015). *A Modified Vogel Approximation Method for Solving Balanced Transportation Problems*. <http://asrjetsjournal.org/>
- Vinoliah, E. M., & Ganesan, K. (2017). *Solution of Fuzzy Transportation Problem- A New Approach*. <http://www.ijpam.eu>
- Voskoglou, M. (2020). *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Their Applications 2020*. www.mdpi.com/journal/mathematics
- Zadeh, L. A. (1965). *Fuzzy Sets, Information and Control* 8.