

**SKRIPSI**  
**PENENTUAN SOLUSI AWAL MASALAH TRANSPORTASI DENGAN**  
**METODE *WEIGHTED OPPORTUNITY COST, SEQUENTIALLY***  
***UPDATED WEIGHTED OPPORTUNITY COST* DAN *MODIFIED VOGEL'S***  
***APPROXIMATION METHOD***

**(Studi Kasus : PERUM BULOG SUB DIVRE MEDAN)**



**ANNISATUL MA'RIFAH**

**NIM. 16610014**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY**  
**SUNAN KALIJAGA**  
**YOGYAKARTA**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**  
**YOGYAKARTA**

**2023**

**PENENTUAN SOLUSI AWAL MASALAH TRANSPORTASI DENGAN  
METODE *WEIGHTED OPPORTUNITY COST, SEQUENTIALLY  
UPDATED WEIGHTED OPPORTUNITY COST* DAN *MODIFIED VOGEL'S  
APPROXIMATION METHOD***

**(Studi Kasus :PERUM BULOG SUB DIVRE MEDAN)**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat  
Sarjana Sains Ilmu Matematika



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Disusun Oleh

ANNISATUL MA'RIFAH

16610014

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**2023**



### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2302/Un.02/DST/PP.00.9/08/2023

Tugas Akhir dengan judul : PENENTUAN SOLUSI AWAL MASALAH TRANSPORTASI DENGAN METODE WEIGHTED OPPORTUNITY COST, SEQUENTIALLY UPDATED WEIGHTED OPPORTUNITY COST DAN MODIFIED VOGEL'S APPROXIMATION METHOD (Studi Kasus : Perum BULOG Sub Divre Medan)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ANNISATUL MA'RIFAH  
Nomor Induk Mahasiswa : 16610014  
Telah diujikan pada : Senin, 14 Agustus 2023  
Nilai ujian Tugas Akhir : A/B

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: 64e42e97ad9ea



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

Valid ID: 64dac4f90b20e



Penguji II  
Muhamad Zaki Riyanto, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 64e6b4695d128



Yogyakarta, 14 Agustus 2023  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 64e6f5b622807



## **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 : ANNISATUL MA'RIFAH  
NIM : 16610014  
Judul Skripsi : PENENTUAN SOLUSI AWAL MASALAH TRANSPORTASI DENGAN METODE  
*WEIGHTED OPPORTUNITY COST, SEQUENTIALLY UPDATED WEIGHTED  
OPPORTUNITY COST DAN MODIFIED VOGEL'S APPROXIMATION METHOD*  
(Studi Kasus : PERUM BULOG SUB DIVRE MEDAN)

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 dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 5 Agustus 2023  
Pembimbing

Dr. M. Wakhid Musthofa, S.S., M.Si  
NIP. 19800402 200501 1 003

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Annisatul Ma'rifah

NIM : 16610014

Jenjang : S1

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini benar-benar dari hasil karya pekerjaan penulis sendiri, bukan pengambil alihan tulisan atau pikiran orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, maka penulis siap mempertanggungjawabkan sesuai ketentuan yang berlaku.

Yogyakarta, 23 Juli 2023

Yang menyatakan,



Annisatul Ma'rifah

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya Bapak Sutarman dan Ibu Rochayati yang tidak pernah lelah memberikan do'a, semangat dan motivasinya.

Untuk kakakku tersayang Miftahur Rohmah, terimakasih atas dukungan dan motivasinya.

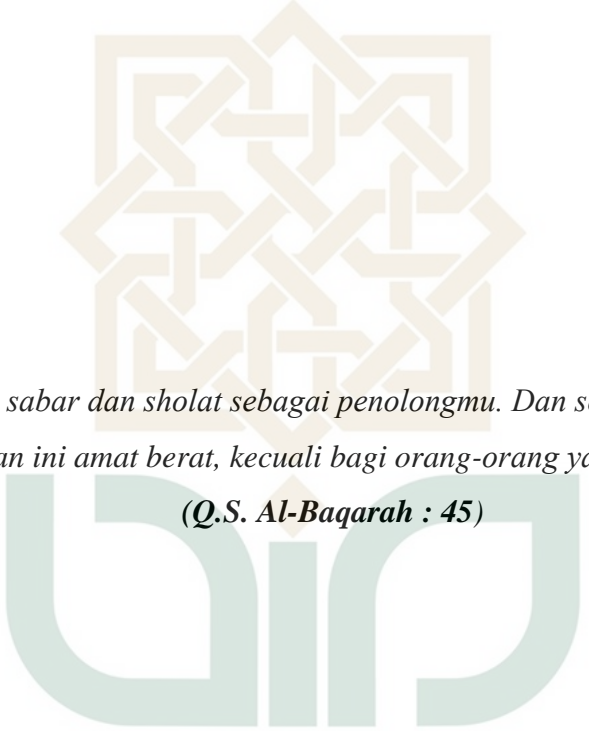
Serta untuk Almamater kita tercinta UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.





## MOTTO

*“Tetap berusaha dan nikmatilah prosesnya”*



*“Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian ini amat berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyuk”*

*(Q.S. Al-Baqarah : 45)*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

*“Ingatlah Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr.Wb.*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Penentuan Solusi Awal Masalah Transportasi dengan Metode *Weighted Opportunity Cost, Sequentially Updated Opportunity Cost* dan *Modified Vogel's Approximation Method* (Studi Kasus: Perum BULOG Sub Divre Medan). Shalawat serta salam semoga tetap terlimpahkan kepada Nabi Muhammad S.A.W yang telah menuntun manusia menuju jalan kebahagiaan hidup di dunia dan akhirat.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dorongan, dan bimbingan dari berbagai pihak yang terkait. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati pada kesempatan ini peneliti mengucapkan rasa terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Phil Al Makin, MA., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Muhammad Abrori, M.Kom., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan memberikan dukungan kepada penulis selama kuliah di Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah mengarahkan dan membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini sampai selesai dengan baik.



6. Seluruh Dosen Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga yang telah memberikan ilmu, dukungan dan bimbingannya selama masa studi.
7. Seluruh Pegawai dan Staf Tata Usaha Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
8. Bapak Sutarman dan Ibu Rochayati selaku orang tua tercinta yang senantiasa memberikan do'a restu, semangat dan dorongan baik dalam bentuk materi maupun non materi. Semoga do'a bapak dan ibu dapat terkabulkan. Aamiin.
9. Kakak perempuan saya tersayang Miftahur Rohmah yang selalu memberikan semangat dan dorongan.
10. Teman saya Emsa dan Nurul yang selalu mengingatkan dan memberikan dorongan untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman-teman Matematika angkatan 2016 yang selalu memberikan semangat dan bantuannya.
12. Semua pihak yang telah ikut berjasa dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menerima saran dan kritik yang bersifat membangun dalam penelitian ini. Besar harapan penulis semoga skripsi yang telah penulis tulis ini dapat memberikan manfaat bagi kemajuan dan perkembangan ilmu terutama dalam Matematika.

*Wassalamu'alaikum Wr.Wb.*

Yogyakarta, 5 Agustus 2023

Penulis

Annisatul Ma'rifah

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
MOTTO .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMBANG .....	xv
INTISARI .....	xvi
ABSTRACK .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1.Latar Belakang Masalah .....	1
1.2.Rumusan Masalah .....	3
1.3.Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
1.6.Tinjauan Pustaka .....	4
1.7.Metode Penelitian .....	7
1.8.Sistematika Penulisan .....	9
<b>BAB II DASAR TEORI .....</b>	<b>10</b>
2.1. Riset Operasi ( <i>Operation Research</i> ) .....	10
2.1.1. Sejarah Riset Operasi .....	10
2.1.2. Metode Perhitungan dalam Riset Operasi .....	11
2.1.3. Langkah-langkah dalam Riset Operasi .....	12
2.2. Masalah Transportasi ( <i>Transportation Problem</i> ) .....	12
2.3. Metode-metode Solusi Awal Masalah Transportasi .....	15
2.4. Contoh Numerik .....	18
<b>BAB III PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>

3.1. Metode WOC .....	31
3.2. Metode SUWOC .....	34
3.3. Metode MVAM .....	37
3.4. Contoh Numerik .....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>60</b>
4.1. Perum BULOG Sub Divre Medan .....	60
4.2. Penentuan Solusi Awal dengan Algoritma WOC,SUWOC dan MVAM .....	62
4.2.1. Penyelesaian Masalah Transportasi Perum BULOG Sub Divre Medan dengan Metode WOC .....	64
4.2.2. Penyelesaian Masalah Transportasi Perum BULOG Sub Divre Medan dengan Metode SUWOC .....	74
4.2.3. Penyelesaian Masalah Transportasi Perum BULOG Sub Divre Medan dengan Metode MVAM .....	87
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>99</b>
5.1. Kesimpulan .....	99
5.2. Saran .....	99
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>101</b>
<b>CURRICULUM VITAE.....</b>	<b>103</b>

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
 YOGYAKARTA

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Masalah Transportasi .....	13
Tabel 2.2 Tabel Contoh Numerik.....	19
Tabel 2.3 Tabel Masalah Transportasi Contoh Numerik.....	19
Tabel 2.4 Iterasi 1 Metode LCM.....	20
Tabel 2.5 Iterasi 2 Metode LCM.....	20
Tabel 2.6 Iterasi 3 Metode LCM.....	21
Tabel 2.7 Iterasi 4 Metode LCM.....	22
Tabel 2.8 Iterasi 5 Metode LCM.....	22
Tabel 2.9 Hasil Solusi Awal Metode LCM.....	23
Tabel 2.10 Tabel Awal Masalah Transportasi .....	24
Tabel 2.11 Iterasi 1 Metode VAM .....	25
Tabel 2.12 Iterasi 2 Metode VAM .....	26
Tabel 2.13 Iterasi 3 Metode VAM .....	27
Tabel 2.14 Iterasi 4 Metode VAM .....	28
Tabel 2.15 Iterasi 5 Metode VAM .....	28
Tabel 2.16 Hasil Solusi Awal Metode VAM .....	29
Tabel 3.1 Tabel Masalah Transportasi Contoh Kasus Numerik .....	38
Tabel 3.2 Tabel Awal Masalah Transportasi .....	39
Tabel 3.3 Matriks Tabel WOC.....	40
Tabel 3.4 Tabel Transportasi Algoritma WOC (WOC-TT) .....	40
Tabel 3.5 Iterasi 1 Algoritma WOC .....	41
Tabel 3.6 Iterasi 2 Algoritma WOC .....	42
Tabel 3.7 Iterasi 3 Algoritma WOC.....	42
Tabel 3.8 Iterasi 4 Algoritma WOC .....	43
Tabel 3.9 Iterasi 5 Algoritma WOC.....	44
Tabel 3.10 Hasil Solusi Awal Algoritma WOC .....	45
Tabel 3.11 Tabel Awal Masalah Transportasi dengan Algoritma SUWOC.....	46
Tabel 3.12 Matriks Tabel WOC Algoritma SUWOC.....	47
Tabel 3.13 Tabel Transportasi Algoritma SUWOC.....	47
Tabel 3.14 Iterasi 1 Algoritma SUWOC.....	48

Tabel 3.15 Iterasi 2 Algoritma SUWOC.....	48
Tabel 3.16 Iterasi 3 Algoritma SUWOC.....	49
Tabel 3.17 Iterasi 4 Algoritma SUWOC.....	50
Tabel 3.18 Iterasi 5 Algoritma SUWOC.....	50
Tabel 3.19 Iterasi 6 Algoritma SUWOC.....	51
Tabel 3.20 Hasil Solusi Awal dengan Algoritma SUWOC .....	51
Tabel 3.21 Tabel Awal Masalah Transportasi dengan Metode MVAM.....	52
Tabel 3.22 Tabel Selisih Ongkos Biaya Setiap Baris dan Kolom Metode MVAM .....	53
Tabel 3.23 Tabel Penjumlahan Hasil Selisih Biaya Setiap Baris dan Kolom.....	53
Tabel 3.24 Iterasi 1 Metode MVAM .....	54
Tabel 3.25 Iterasi 2 Metode MVAM .....	55
Tabel 3.26 Iterasi 3 Metode MVAM .....	56
Tabel 3.27 Iterasi 4 Metode MVAM .....	57
Tabel 3.28 Iterasi 5 Metode MVAM .....	58
Tabel 3.29 Hasil Solusi Awal Masalah Transportasi dengan Metode MVAM ...	58
Tabel 4.1 Jumlah Persediaan Beras.....	61
Tabel 4.2 Jumlah Permintaan Beras.....	61
Tabel 4.3 Data Jumlah Biaya Pendistribusian Beras .....	62
Tabel 4.4 Tabel Awal Masalah Transportasi Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	65
Tabel 4.5 Matriks Tabel WOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	68
Tabel 4.6 Tabel Transportasi Algoritma WOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	68
Tabel 4.7 Iterasi 1 Algoritma WOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	69
Tabel 4.8 Iterasi 2 Algoritma WOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	69
Tabel 4.9 Iterasi 3 Algoritma WOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	70

Tabel 4.10 Iterasi 4 Algoritma WOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	70
Tabel 4.11 Iterasi 5 Algoritma WOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	71
Tabel 4.12 Iterasi 6 Algoritma WOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	72
Tabel 4.13 Iterasi 7 Algoritma WOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	72
Tabel 4.14 Iterasi 8 Algoritma WOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	73
Tabel 4.15 Iterasi 9 Algoritma WOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	73
Tabel 4.16 Iterasi 10 Algoritma WOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	74
Tabel 4.17 Solusi Awal Masalah Transportasi pada Perum BULOG Sub Divre Medan dengan Metode WOC.....	74
Tabel 4.18 Tabel Awal Masalah Transportasi Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	76
Tabel 4.19 Matriks Tabel WOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	79
Tabel 4.20 Tabel Transportasi Algoritma SUWOC.....	79
Tabel 4.21 Iterasi 1 Algoritma SUWOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	80
Tabel 4.22 Iterasi 2 Algoritma SUWOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	80
Tabel 4.23 Iterasi 3 Algoritma SUWOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	81
Tabel 4.24 Iterasi 4 Algoritma SUWOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	82
Tabel 4.25 Iterasi 5 Algoritma SUWOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	82



Tabel 4.26 Iterasi 6 Algoritma SUWOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	83
Tabel 4.27 Iterasi 7 Algoritma SUWOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	84
Tabel 4.28 Iterasi 8 Algoritma SUWOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	84
Tabel 4.29 Iterasi 9 Algoritma SUWOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	85
Tabel 4.30 Iterasi 10 Algoritma SUWOC Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	85
Tabel 4.31 Solusi Awal Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan dengan Metode SUWOC .....	86
Tabel 4.32 Tabel Awal Masalah Transportasi Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.....	88
Tabel 4.33 Tabel Selisih Biaya $c_{ij}$ Setiap Baris dan Kolom.....	88
Tabel 4.34 Tabel Penjumlahan Hasil Selisih Biaya $c_{ij}$ Setiap Baris dan Kolom .	88
Tabel 4.35 Iterasi 1 Metode MVAM Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	89
Tabel 4.36 Iterasi 2 Metode MVAM Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	90
Tabel 4.37 Iterasi 3 Metode MVAM Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	91
Tabel 4.38 Iterasi 4 Metode MVAM Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	92
Tabel 4.39 Iterasi 5 Metode MVAM Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	93
Tabel 4.40 Iterasi 6 Metode MVAM Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	93
Tabel 4.41 Iterasi 7 Metode MVAM Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	94

Tabel 4.42 Iterasi 8 Metode MVAM Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	95
Tabel 4.43 Iterasi 9 Metode MVAM Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	96
Tabel 4.44 Iterasi 10 Metode MVAM Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan .....	96
Tabel 4.45 Solusi Awal Pengiriman Beras RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan dengan Metode MVAM .....	97



## DAFTAR LAMBANG

- $a_i$  : jumlah penawaran barang dari sumber ke- $i$
- $b_j$  : jumlah permintaan barang dari tujuan ke- $j$
- $c_{ij}$  : ongkos biaya angkut barang dari sumber ke- $i$  menuju tujuan ke- $j$
- $S_i$  : sumber barang ke- $i$
- $D_j$  : tujuan barang ke- $j$
- $x_{ij}$  : banyaknya barang yang didistribusikan dari sumber ke- $i$  menuju tujuan ke- $j$
- $\sum_{i=1}^m a_i$  : penjumlahan dari  $a_1 + a_2 + \dots + a_m$
- $\sum_{i=1}^n b_j$  : penjumlahan dari  $b_1 + b_2 + \dots + b_n$
- $minZ$  : biaya minimum pendistribusian barang dalam masalah transportasi
- $n$  : jumlah tujuan
- $m$  : jumlah sumber
- $w_{ij}$  : bobot biaya tertimbang
- $a_i'$  : jumlah semu penawaran barang dari sumber ke- $i$
- $b_j'$  : jumlah semu permintaan barang dari tujuan ke- $j$
- P : Penalti

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## INTISARI

### **PENENTUAN SOLUSI AWAL MASALAH TRANSPORTASI DENGAN METODE *WEIGHTED OPPORTUNITY COST*, *SEQUENTIALLY UPDATED WEIGHTED OPPORTUNITY COST* DAN *MODIFIED VOGEL'S APPROXIMATION METHOD***

**(Studi Kasus : PERUM BULOG SUB DIVRE MEDAN)**

Oleh

Annisatul Ma'rifah

NIM: 16610014

Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan tiga metode yaitu metode WOC, SUWOC dan MVAM untuk menentukan solusi awal yang layak. Metode WOC dan metode SUWOC dalam langkah-langkahnya menggunakan tabel matriks WOC yang diperoleh dari nilai biaya tertimbang dimana biaya tersebut diperoleh dari minimum penawaran dan permintaan antara baris dan kolom kemudian dibagi dengan ongkos biaya pendistribusian tiap kotak. Untuk metode WOC tabel matriks WOC bersifat statis, namun untuk metode SUWOC bersifat dinamis setiap perbaikan iterasi. Sedangkan metode MVAM menggunakan tabel matriks tereduksi yang unsur-unsurnya adalah hasil penjumlahan dari pengurangan biaya pendistribusian terbesar dan biaya tiap kotak dari setiap baris dan kolom.

Pada masalah transportasi pendistribusian beras RASKIN oleh Perum BULOG Sub Divre Medan peneliti menggunakan data penelitian dari Roy Marthin Sianturi tahun 2018. Dalam penelitiannya tersebut, Sianturi menggunakan solusi metode LCM dan solusi optimalnya dengan metode Stepping Stone menghasilkan biaya sebesar Rp 949.385.894,9. Dengan menggunakan metode WOC diperoleh biaya pendistribusian sebesar Rp 965.930.874, lalu metode SUWOC diperoleh biaya pendistribusian sebesar Rp 953.863.882, sedangkan metode MVAM sebesar Rp 941.890.896. Berdasarkan penelitian ini metode MVAM menghasilkan biaya yang lebih hemat. Untuk biaya pendistribusian yang dikeluarkan Perum BULOG Sub Divre Medan sebesar Rp 954.283.688,22.

***Kata Kunci*** : Masalah Transportasi, Metode WOC, Metode SUWOC, Metode MVAM

## ABSTRACT

### **DETERMINING AN INITIAL SOLUTION OF THE TRANSPORTATION PROBLEM WITH WEIGHTED OPPORTUNITY COST, SEQUENTIALLY UPDATED WEIGHTED OPPORTUNITY COST AND MODIFIED VOGEL'S APPROXIMATION METHOD**

**(Case Study : Perum BULOG Sub Divre Medan)**

by  
ANNISATUL MA'RIFAH  
NIM. 16610014

*This research aims to explain three methods, namely WOC, SUWOC and MVAM to determine the initial feasible solution. The WOC method and the SUWOC method in their steps use the WOC matrix table obtained from the weighted cost value, where the cost is obtained from the minimum supply and demand between rows and columns, then divided by the cost of distributing each box. For the WOC method, the WOC matrix table is static, but for the SUWOC method, it is dynamic with every iteration improvement. While the MVAM method uses a reduced matrix table whose elements are the sum of the subtraction of the largest distribution cost and the cost of each box from each row and column.*

*In the transportation problem of distributing RASKIN rice by Perum BULOG Sub Divre Medan, researchers used research Sianturi in 2018. In his research, Sianturi used the LCM initial solution and the optimal solution using the Stepping Stone method resulted in a cost of IDR 949.385.894,9. By using the WOC method, the distribution cost is IDR 965.930.874, then the SUWOC method obtained a distribution cost of IDR 953.863.882, while the MVAM method amounted to IDR 941.890.896. Based on this research, the MVAM method produces more efficient costs. For the distribution costs incurred by the Perum BULOG Sub Divre Medan if IDR 954.283.688,22.*

**Keywords:** *Transportation Problem, WOC Method, SUWOC Method, MVAM Method*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Seiring dengan berjalannya revolusi industri, dunia usaha sudah mengalami perkembangan yang signifikan. Sehingga banyak didirikan perusahaan-perusahaan di sekitar masyarakat yang memiliki tujuan untuk menciptakan suatu alat pemuas baik berupa barang dan jasa bagi masyarakat. Dunia usaha yang semakin berkembang ini menyebabkan adanya persaingan yang ketat antara perusahaan-perusahaan di tingkat nasional maupun internasional. Persaingan tersebut menuntut mereka untuk terus berinovasi dalam menciptakan produk-produk yang bermutu, layanan yang cepat, waktu pengiriman yang tepat dan harga yang bersahabat sehingga dapat menjadi daya tarik sendiri bagi konsumen (Primadiarta, Narto, & Achmadi, 2017).

Tidak jarang perusahaan yang tidak mampu bersaing akan bangkrut dan akhirnya tutup karena tidak mampu membiayai kegiatan usahanya. Salah satu cara agar perusahaan dapat bertahan dan memperoleh keuntungan yang maksimal yaitu dengan meminimalkan biaya yang dikeluarkan. Suatu perusahaan membutuhkan manajemen produksi yang sistematis. Dalam manajemen produksi ini terdapat perencanaan dalam pendistribusian produk sehingga biaya yang dikeluarkan seefisien mungkin. Hal ini dikenal dengan istilah masalah transportasi.

Masalah transportasi merupakan masalah khusus dalam program linier yang dapat diterapkan pada beberapa hal. Di antaranya yaitu mengenai pengiklanan, perencanaan jadwal produksi, alokasi dana, analisis alokasi, keseimbangan lini perakitan dan lain sebagainya. Masalah transportasi juga merupakan bagian dari “*operation research*” yang membahas mengenai minimasi biaya transportasi. Pada intinya masalah transportasi umum berhubungan dengan pendistribusian sembarang komoditi dari sembarang kelompok pusat pemasok yang disebut dengan sumber (*source*) ke sembarang kelompok pusat penerima yang disebut dengan tujuan (*destination*) sedemikian sehingga meminimumkan total biaya distribusi (Hillier & Lieberman, 1990).



Pendistribusian memegang peranan penting dalam suatu perusahaan. Jika dalam pendistribusian produk mengalami permasalahan, maka itu akan mempengaruhi pendapatan suatu perusahaan. Salah satu cara untuk mengatasi masalah pendistribusian produk yaitu dengan menggunakan metode transportasi. Metode transportasi dijalankan agar sasaran dari alokasi sumber ke tujuan terpenuhi dengan biaya transportasi yang minimum.

Seiring dengan semakin canggihnya teknologi dan berkembangnya ilmu matematika, muncul metode-metode baru dalam menyelesaikan masalah transportasi. Metode-metode tersebut menawarkan hasil yang minimum. Terdapat dua solusi dalam metode transportasi yang harus diperhatikan, yaitu solusi awal dan solusi optimum. Solusi awal merupakan solusi penduga dengan menggunakan langkah-langkah yang sederhana dan disajikan dalam bentuk table. Solusi awal dapat diselesaikan dengan menggunakan beberapa metode, diantaranya adalah *Least Cost Method*, *North West Corner*, *Russells Approximation Method*, *Row Minimum Transportation Cost Method*, *Vogel's Approximation*, dan sebagainya. Sedangkan untuk menguji optimasi agar mendapatkan solusi yang optimum diperoleh dengan dua metode yaitu Metode Batu Loncatan (*Stepping Stone*) dan Metode *Modified Distribution* (MODI).

Pada penelitian ini menggunakan 3 (tiga) metode baru yang dikembangkan dari metode-metode sebelumnya yang telah ada untuk mendapatkan solusi awal yaitu metode WOC (*Weight Opportunity Cost*) yang berbasis LCM, SUWOC\_LCM (*Sequentially Updated Weighted Opportunity Cost*) dan MVAM (*Modified Vogel's Approximation Method*).

Metode WOC (*Weight Opportunity Cost*) yang berbasis LCM merupakan sebuah metode baru yang dapat digunakan untuk menentukan solusi penyelesaian awal yang layak pada masalah transportasi. Metode ini merupakan solusi awal yang terbentuk dari adanya pengembangan dan modifikasi yang dilakukan pada metode LCM (*Least Cost Method*). Perlu diketahui bahwa metode ini pertama kali dikemukakan oleh A.R.M Jalal Uddin Jamali, Fatima Jannat dan Puspita Akhtar. Dalam jurnalnya: "*Weighted Cost Opportunity Based Algorithm For Initial Basic Feasible Solution: A New Approach In Transportation Problem*". Dalam metode

ini tabel indikator distribusi mempertimbangkan entri penawaran/permintaan. Metode SUWOC (*Sequentially Updated Weighted Opportunity Cost*) yang berbasis LCM merupakan modifikasi dari metode WOC-LCM, dimana metode ini juga diperkenalkan oleh A.R.M Jalal Uddin Jamali dan Puspa Akhtar. Dalam metode ini modifikasinya terletak pada tabel matriks WOC-nya yaitu bahwa, matriks WOC invarian melalui seluruh prosedur alokasi. Metode penyelesaian awal yang terakhir yaitu MVAM (*Modified Vogel's Approximation Method*). Metode ini juga merupakan modifikasi yang lain dari berbagai modifikasi metode VAM. Metode ini diperkenalkan oleh M.Wali Ullah, M.Alhaz Uddin dan Rijwana Kawser. Dalam jurnalnya: "*A Modified Vogel's Approximation Method for Obtaining a Good Primal Solution of Transportation Problems*".

Pada penelitian ini, peneliti menentukan solusi awal yang layak dengan menggunakan tiga pendekatan metode tersebut pada masalah transportasi seimbang. Dari penjelasan tersebut maka dilakukan penelitian dengan judul

“ Penentuan Solusi Awal Masalah Transportasi dengan Metode WOC\_LCM (*Weighted Opportunity Cost*), SUWOC\_LCM (*Sequentially Updated Weighted Opportunity Cost*) dan MVAM (*Modified Vogel's Approximation Method*)”.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah, sehingga diperoleh rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan solusi awal menggunakan metode WOC (*Weighted Opportunity Cost*) berbasis LCM ?
2. Bagaimana menentukan solusi awal menggunakan metode SUWOC (*Sequentially Updated Weighted Opportunity Cost*) berbasis LCM ?
3. Bagaimana menentukan solusi awal menggunakan metode MVAM (*Modified Vogel's Approximation Method*) ?
4. Metode manakah yang menghasilkan biaya transportasi paling minimum dalam kasus pendistribusian RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan?

## **1.3. Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

1. Parameter model yang digunakan adalah biaya, jumlah permintaan dan jumlah penawaran.
2. Model transportasi yang digunakan adalah masalah transportasi seimbang

#### 1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah :

1. Menentukan solusi awal dengan menggunakan metode WOC (*Weighted Opportunity Cost*) berbasis LCM.
2. Menentukan solusi awal dengan menggunakan metode SUWOC (*Sequentially Updated Weighted Opportunity Cost*) berbasis LCM
3. Menentukan solusi awal dengan menggunakan metode MVAM (*Modified Vogel's Aproaximation Method*)
4. Menentukan metode yang menghasilkan biaya transportasi paling minimum dari tiga metode tersebut dalam kasus pendistribusian RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain :

1. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa matematika dan dapat memperluas wawasan.
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam menentukan solusi penyelesaian masalah transportasi.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk dapat mengembangkan metode-metode transportasi yang lain.

#### 1.6. Tinjauan Pustaka

Ada beberapa tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian yang dilakukan oleh A.R.M Jalal Uddin Jamali, Fatima Jannat dan Puspa Akhtar (2017) dalam jurnal-nya yang berjudul :  
*"Weighted Opportunity Based Algorithm For Initial Basic Feasible Solution: A New Approach In Transportation Problem"*. (Jamali, Akhtar, & Jannat, Weighted Cost Opportunity Based Algorithm for Initial Basic Feasible Solution: A New Approach In Transportation Problem, 2017)

Pada penelitian ini membahas mengenai sebuah metode baru dalam menyelesaikan masalah transportasi. Metode baru tersebut yaitu metode penyelesaian awal yang merupakan modifikasi dari metode *Least Cost Method* yaitu *Weighted Opportunity Cost based Least Cost Matrix* (WOC\_LCM). Kemudian sebagai pembandingan, dalam contoh numeriknya untuk mencari total biaya transportasi paling minimum menggunakan metode *Least Cost*.

2. Penelitian yang dilakukan oleh A.R.M Jalal Uddin Jamali dan Puspa Akhtar (2018) dalam jurnalnya yang berjudul : “*Sequentially Updated Weighted Cost Opportunity Based Algorithm In Transportation Problem*”. (Jamali & Akhtar, 2018).

Pada penelitian ini membahas tentang perkembangan terbaru mengenai metode WOC-LCM yang diberi nama metode SUWOC-LCM yang digunakan untuk menyelesaikan solusi awal. Untuk menguji apakah metode tersebut merupakan metode yang paling efektif atau tidak maka peneliti menggunakan beberapa contoh numerik dalam jurnalnya, kemudian dibandingkan dengan metode LCM (Least Cost Method) dan metode VAM (Vogel's Approximation Method) serta dengan menguji keoptimalannya dengan metode MODI.

3. Penelitian yang dilakukan oleh M.Wali Ullah, M.Alhaz Uddin dan Rijwana Kawser (2015) dalam jurnalnya yang berjudul : “*A Modified Vogel's Approximation Method for Obtaining a Good Primal Solution of Transportation Problems*” (Ullah, Uddin, & Kawser, 2016).

Pada penelitian ini membahas tentang metode baru untuk menyelesaikan masalah transportasi yaitu metode *Modified Vogel's Approximation Method* (MVAM) untuk menyelesaikan solusi awal. Untuk menguji apakah metode tersebut merupakan metode yang paling efektif atau tidak maka peneliti menggunakan beberapa contoh numerik dalam jurnalnya, kemudian dibandingkan dengan metode NWC (*North West Corner*), *Least Cost Method*, dan *Vogel's Approximation Method* serta dengan menguji keoptimalannya dengan metode MODI.

Penjelasan mengenai persamaan dan perbedaan pada penelitian ini dan penelitian-penelitian lain yang sudah dilakukan sebelumnya akan disajikan ke dalam bentuk tabel berikut ini.

**Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka**

<b>Nama Peneliti</b>	<b>Judul Penelitian</b>	<b>Persamaan dan Perbedaan</b>
A.R.M. Jalal Uddin Jamali, Fatima Jannat, Pushpa Akhtar (2017)	<i>Weighted Cost Opportunity Based Algorithm For Initial Basic Feasible Solution: A New Approach In Transportation Problem</i>	Persamaan terletak pada penggunaan metode yang sama dalam menyelesaikan masalah. Sedangkan perbedaannya terletak pada penelitian ini menggunakan 3 metode untuk mendapatkan hasil dari solusi awal ketiga metode.
A.R.M Jalal Uddin Jamali dan Pushpa Akhtar (2018)	<i>Sequentially Updated Weighted Cost Opportunity Based Algorithm In Transportation Problem</i>	
M. Wali Ullah, M.Alhaz Uddin, Rijwana Kawser (2016)	<i>A Modified Vogel's Approximation Method for Obtaining a Good Primal Solution of Transportation Problems</i>	

Merujuk kepada ketiga penelitian yang telah dilakukan, penelitian ini terinspirasi dan termotivasi untuk turut serta membahas dan mengembangkan lebih lanjut mengenai masalah transportasi tersebut. Dengan adanya berbagai metode-



metode baru, maka peneliti mencoba menggunakan dan membandingkan ketiga metode tersebut dalam menentukan solusi awal yang layak.

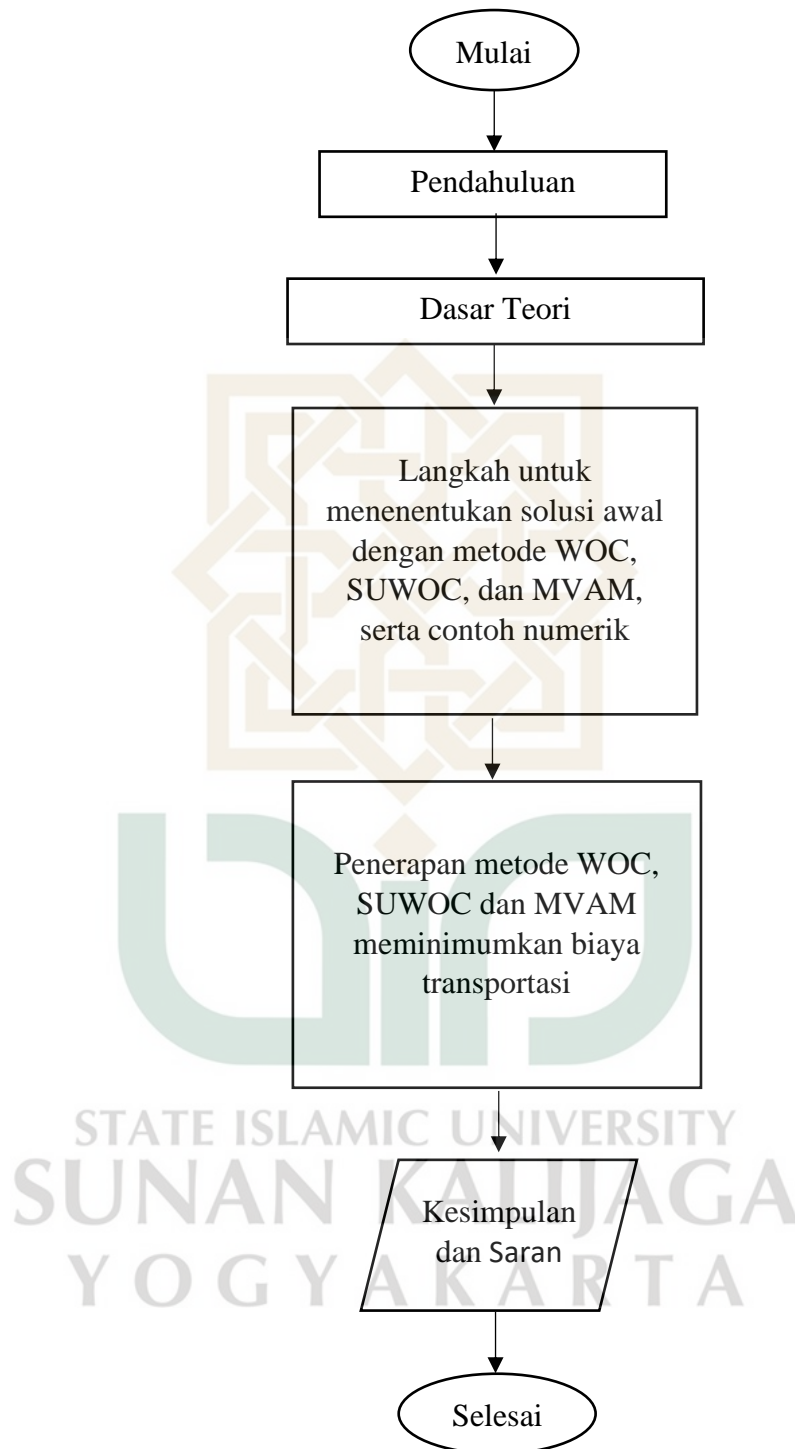
### **1.7. Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu bersifat studi kepustakaan atau studi literatur (*library research*) dan penelitian terapan. Studi literatur merupakan metode penelitian yang menggunakan buku-buku, jurnal, artikel dan internet sebagai sumber informasi dan pengetahuan dalam penulisan. Studi literatur dalam penelitian ini dilakukan dengan mengkaji dan mempelajari mengenai beberapa sumber informasi tertulis pada masalah transportasi dan metode-metode yang digunakan untuk menyelesaikannya. Penelitian terapan atau applied research adalah penelitian yang dilakukan untuk menemukan solusi atas suatu masalah yang ada di dalam kehidupan masyarakat atau organisasi industri.

Penelitian ini dimulai dengan pendahuluan yang berisi mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan masalah, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, metode penelitian, dan sistematika penulisan. Lalu, membahas mengenai dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini. Diantaranya yaitu tentang riset operasi yang difokuskan pada masalah transportasi. Pembahasan dilanjutkan dengan penjelasan metode-metode untuk menentukan solusi awal pada masalah transportasi. Metode-metode yang digunakan untuk menentukan solusi awal pada penelitian ini diantaranya, yaitu: *Least Cost Method* (LCM), *Vogel's Approximation Method* (VAM), *Weighted Opportunity Cost based Least Cost Method* (WOC-LCM), *Sequentially Updated Weighted Opportunity Cost based Least Cost Method* (SUWOC-LCM), dan *Modified Vogel's Approximation Method* (MVAM). Selanjutnya, dilakukan simulasi dalam bentuk contoh numerik kasus masalah transportasi dan dicari solusi awalnya dengan menggunakan ketiga metode yang sudah disebutkan. Penelitian ini diakhiri dengan ditariknya kesimpulan dan adanya saran.

Berikut akan disajikan flowchart dari metode penelitian yang digunakan penulis dalam penyusunan skripsi ini.





**Gambar 1.1** *Flowchart* Metode Penelitian

## **1.8. Sistematika Penulisan**

Penulisan ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

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

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Pada bab ini membahas tentang teori-teori yang dibutuhkan sebagai dasar pengetahuan dalam melakukan penelitian yaitu mengenai sejarah riset operasi, masalah transportasi, dan metode-metode untuk menentukan solusi awal pada masalah transportasi baik seimbang maupun tidak seimbang serta contoh numeriknya.

### **BAB III PEMBAHASAN**

Pada bab ini membahas mengenai metode WOC\_LCM, SUWOC\_LCM dan MVAM yang digunakan untuk menentukan solusi awal masalah transportasi.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini membahas tentang masalah pendistribusian RASKIN Perum BULOG Sub Divre Medan.

### **BAB V PENUTUP**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan berdasarkan pembahasan yang berkaitan dengan rumusan masalah dan saran yang diberikan oleh penulis.

SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Metode WOC, metode SUWOC dan metode MVAM merupakan metode baru yang bertujuan untuk mendapatkan solusi awal yang layak. Metode SUWOC adalah pengembangan dari metode WOC. Dalam penyelesaiannya metode WOC dan SUWOC ini menggunakan tabel biaya tertimbang yang diperoleh dari dipilih minimum permintaan barang dan penawaran barang kemudian dibagi dengan ongkos setiap kotak  $x_{ij}$ . Yang berbeda untuk metode WOC tabel matriks biaya tertimbangnya bersifat statis sedangkan untuk metode SUWOC bersifat dinamis setiap pengalokasian barang dari sumber ke setiap tujuan. Untuk metode MVAM dalam menentukan solusi awal menggunakan penjumlahan dari pengurangan ongkos biaya terbesar dan biaya terbesar kedua.

Berdasarkan langkah-langkah perhitungan pada metode WOC, metode SUWOC dan metode MVAM dapat disimpulkan bahwa solusi awal yang dihasilkan memperoleh nilai akurasi yang berbeda. Metode MVAM lebih efektif daripada metode WOC dan metode SUWOC karena langkahnya lebih sedikit. Sedangkan metode SUWOC meskipun langkahnya lebih panjang dari WOC namun menghasilkan ongkos lebih kecil dari metode WOC.

Solusi awal untuk pendistribusian RASKIN oleh Perum BULOG Sub Divre Medan, dengan menggunakan metode WOC menghasilkan biaya sebesar Rp 965.930.874. Lalu penentuan solusi awal dengan metode SUWOC menghasilkan biaya transportasi sebesar Rp 953.863.882. Sedangkan metode MVAM menghasilkan biaya transportasi sebesar Rp 941.890.896. Dari ketiga metode tersebut metode MVAM menghasilkan biaya transportasi yang lebih hemat. Meskipun hasil ini belum optimal karena hanya menentukan solusi awal yang layak.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka penulis memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Peneliti yang tertarik dapat meneruskan sampai menghasilkan solusi yang optimal dengan menggunakan metode MODI ataupun metode *Stepping Stone* untuk data tahun 2017 di Perum BULOG Sub Divre Medan.
2. Gunakan aplikasi untuk memperoleh hasil yang akurat.
3. Perum BULOG Sub Divre Medan dapat menggunakan tiga metode tersebut untuk menyelesaikan masalah pendistribusian barang sehingga menghasilkan biaya transportasi yang minimum.



## DAFTAR PUSTAKA

- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (1990). *Introduction To Operation Research (5th Ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Jamali, A. J., & Akhtar, P. (2018). Sequentially Updated Weighted Cost Opportunity Based Algorithm In Transportation Problem. *GANIT J. Bangladesh Math Soc. (ISSN 1606-3694)* 38, 47-55.
- Jamali, A. J., & Akhtar, P. (2018). Sequentially Updated Weighted Cost Opportunity Based Algorithm In Transportation Problem. *GANIT J. Bangladesh Math. Soc (ISSN 1606-3694)* 38, 50-51.
- Jamali, A. J., Akhtar, P., & Jannat, F. (2017). Weighted Cost Opportunity Based Algorithm for Initial Basic Feasible Solution: A New Approach In Transportation Problem. *Journal of Engginerering Science* 08(1), 65.
- Jamali, A. J., Jannat, F., & Akhtar, P. (2017). Weighted Cost Opportunity Based Algorithm for Initial Basic Feasible Solution:A New Approach In Transportaton Problem. *Journal of Engineering Science* 08(1), 65-66.
- Nufus, H., & Nurdin, E. (2016). *Program Linier*. Pekanbaru: Cahaya Firdaus.
- Prawirosentono, S. (2005). *Riset Operasi dan Ekonofisika*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Primadiarta, A. S., Narto, & Achmadi, F. (2017). Optimasi Distribusi Produk dengan Metode Transportasi Berdasarkan Permintaan Produk di PT. XYZ Surabaya. *Prosiding SNST ke-8* (p. 128). Semarang: Universitas Wahid Hasyim.
- S.Hiller, F., & J.Lieberman, G. (1990). *Introduction To Operation Research, Fifth Edition*. Jakarta: Erlangga.

- Sianturi, R. M., & Khairani, N. (2019). Optimasi Biaya Distribusi Beras Miskin (RASKIN) dengan Menggunakan Metode Stepping Stone pada Perum BULOG Sub Divre Medan. *KARISMATIKA*.
- Siswanto. (2006). *Operations Research*. Jakarta: Erlangga.
- Siswanto. (2007). *Operation Research*. Jakarta: Erlangga.
- Subagyo, P., Asri, M., & Handoko, T. H. (2013). *DASAR-DASAR OPERATION RESEARCH (Edisi Kedua)*. Yogyakarta: BPFE.
- Taha, H. A. (1996). *Riset Operasi: Suatu Pengantar, Edisi Kelima*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Ullah, M. W., Uddin, M. A., & Kawser, R. (2016). A Modified Vogel's Approximation Method for Obtaining a Good Primal Solution of Transportation Problems. *Annals of Pure and Applied Mathematics Vol. 11(1)*, 63-71.
- Ullah, M., Uddin, M., & Kawser, R. (2015). A Modified Vogel's Approximation Method for Obtaining a Good Primal Solution of Transportation Problems. *Annals of Pure and Applied Mathematics Vol. 11, No. 1*, 64-65.
- Widodo, S. (2017). *Penyelesaian Masalah Transportasi Fuzzy Menggunakan Fuzzy Russell's Method dan Uji Optimasi Fuzzy Stepping Stone*. Yogyakarta: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.