

**PENERAPAN METODE PERBAIKAN TITIK NOL
DAN MODIFIKASI PENDEKATAN EKSPONENSIAL
DALAM MENEKAN BIAYA DISTRIBUSI BERAS
PERUM BULOG SUB DIVRE POLMAN**

SKRIPSI



DISUSUN OLEH :

NURALISA

(H011201034)

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2024

**PENERAPAN METODE PERBAIKAN TITIK NOL
DAN MODIFIKASI PENDEKATAN EKSPONENSIAL
DALAM MENEKAN BIAYA DISTRIBUSI BERAS
PERUM BULOG SUB DIVRE POLMAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Matematika Departemen Matematika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**

NURALISA

H011201034

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2024

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : NURALISA
NIM : H011201034
Program Studi : Matematika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

“Penerapan Metode Perbaikan Titik Nol dan Modifikasi Pendekatan Eksponensial dalam Menekan Biaya Distribusi Beras Perum Bulog Sub Divre Polman”

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 30 April 2024



NURALISA

H011201034

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**Penerapan Metode Perbaikan Titik Nol dan Modifikasi Pendekatan
Eksponensial dalam Menekan Biaya Distribusi Beras Perum Bulog Sub
Divre Polman**

Disusun dan diajukan oleh :

NURALISA

H011201034

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 30 April 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Aidawayati Rangkuti, M.S.

NIP. 19570705 198503 2 001

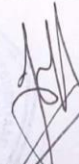
Pembimbing Pertama



Dr. Firman, S.Si., M.Si.

NIP. 19680429 200212 1 001

Ketua Program Studi



Dr. Firman, S.Si., M.Si.

NIP. 19680429 200212 1 001

Pada tanggal : 30 April 2024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : NURALISA
NIM : H011201034
Program Studi : Matematika
Judul Skripsi : Penerapan Metode Perbaikan Titik Nol dan Modifikasi Pendekatan Eksponensial dalam Menekan Biaya Distribusi Beras Perum Bulog Sub Divre Polman

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

TIM PENGUJI

Ketua : Prof. Dr. Hj. Aidawayati Rangkuti, M.S. (.....)
Sekretaris : Dr. Firman, S.Si., M.Si. (.....)
Anggota : Dr. Khaeruddin, M.Sc. (.....)
Anggota : Prof. Dr. Syamsuddin Toaha, M.Sc. (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 30 April 2024



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan nikmat dan rahmat serta karunianya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penerapan Metode Perbaikan Titik Nol dan Modifikasi Pendekatan Eksponensial dalam Menekan Biaya Distribusi Beras Perum Bulog Sub Divre Polman” sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Program Studi Matematika Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan skripsi ini terdapat proses yang sangat panjang dengan tantangan dan hambatan mulai dari awal penyusunan hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Tentunya penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya sebagai wujud penghargaan kepada kedua orang tua tercinta **Badaruddin** dan **Jamilah** yang senantiasa memberi dukungan, nasihat, serta doa yang tidak pernah putus, semoga Allah SWT selalu menjaga dan melindungi dalam setiap langkah. Kepada saudara-saudara penulis, Jamaluddin, Rizki Amelia, Muh. Irfan, Nur Asyifa Azzikrah dan Nur Aisyah Afiqa terima kasih atas segala dukungan dan doa yang tiada henti semoga kita selalu berada dalam lindungan Allah SWT.

Ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan penulis ucapkan kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. Jamaluddin Jompa, M.Si.** selaku Rektor Universitas Hasanuddin, Bapak **Dr. Eng Amiruddin** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Bapak **Dr. Firman, S.Si., M.Si.** selaku Ketua Departemen Matematika.
2. **Dosen** dan **Staf** Departemen Matematika yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Matematika.
3. Ibu **Prof. Dr. Aidawayati Rangkuti, M.S.** selaku pembimbing utama dan Bapak **Dr. Firman, S.Si., M.Si.** selaku penasehat akademik sekaligus pembimbing pertama, atas kesediaan dan kesabarannya dalam membimbing dan

memberikan arahan kepada penulis serta meluangkan banyak waktu sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

4. Bapak **Dr. Khaeruddin, M.Sc** dan **Prof. Dr. Syamsuddin Toaha, M.Sc** selaku dewan penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan semangat, saran dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Sahabat penulis dari bangku SMA, **Nursanti** yang selalu mensupport dan tidak pernah jenuh mendengar keluh kesah penulis selama penelitian, terima kasih atas segala semangat, dukungan, motivasi serta kesabarannya.
6. Teman teman penulis yang senantiasa banyak mengukir hari bersama selama perkuliahan, **Ainul Insani** dan **Andzalla Syifa Ardiansyah** terima kasih atas segala kebaikan dan dedikasinya dalam membantu penulis merampung skripsi ini.
7. Teman-teman **MIPA 2020** yang telah berjuang bersama penulis sejak awal perkuliahan sampai penyusunan skripsi ini selesai.
8. Teman-teman **Matematika 2020** yang telah kebersamai dan berjuang bersama penulis dalam menghadapi segala tantangan dan rintangan di dunia perkuliahan.
9. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas segala bantuan, doa dan dukungannya.
10. Kepada diri sendiri yang sudah berjuang dan bertahan sampai sejauh ini, melewati banyak cobaan dan ujian, telah menyelesaikan tanggung jawab sebagai mahasiswa tanpa ada kata menyerah walaupun banyak tekanan baik dari diri sendiri maupun dari luar.

Makassar, 30 April 2024



NURALISA

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : NURALISA
NIM : H011201034
Program Studi : Matematika
Departemen : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty- Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“Penerapan Metode Perbaikan Titik Nol dan Modifikasi Pendekatan
Eksponensial dalam Menekan Biaya Distribusi Beras Perum Bulog Sub
Divre Polman”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal 30 April 2024

Yang menyatakan



NURALISA

ABSTRAK

Pemrogram linear merupakan suatu metode untuk mencari solusi terbaik dalam model matematika dengan memenuhi beberapa persyaratan yang direpresentasikan sebagai persamaan linear. Model transportasi dapat mengatasi berbagai tantangan dalam dunia bisnis untuk meningkatkan keuntungan perusahaan dengan melakukan penyaluran produk dengan biaya terendah. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk menemukan biaya transportasi minimum yang diperlukan dalam pendistribusian beras Perum Bulog Sub Divre Polman. Biaya minimum yang diperoleh menggunakan metode Perbaikan Titik Nol adalah Rp. 2.354.805,27 dan metode Modifikasi Pendekatan Eksponensial sebesar Rp. 2.357.468,42. Uji optimalitas menggunakan metode MODI dan Software POM-QM diperoleh hasil yang sama yaitu Rp. 2.354.805,27.

Kata kunci : Model transportasi, metode Perbaikan Titik Nol, metode Modifikasi Pendekatan Eksponensial.

ABSTRACT

Linear programming is a method for finding the best solution in a mathematical model by fulfilling several requirements which are represented as linear equations. The transportation model can overcome various challenges in the business world to increase company profits by distributing products at minimum cost. The purpose of this writing is to find the minimum costs required in distributing rice to Perum Bulog Sub Divre Polman. The minimum cost obtained using the Improved Zero Point Method is Rp. 2.354.805,27 and Modified Exponential Approach is Rp. 2.357.468,42. Optimality test using Modified Distribution and POM-QM software obtained the same result, namely Rp. 2.354.805,27.

Keywords : *Transportation model, Improved Zero Point Method, Modified Exponential Approach.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah.....	4
I.3 Tujuan Penelitian	5
I.4 Batasan Penelitian.....	5
I.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1 Linear Programming	6
II.2 Sistem Transportasi	8
II.3 Model Transpotasi	9
II.4 Metode Transportasi	12
II.4.1 Metode Perbaikan Titik Nol	12
II.4.2 Modifikasi Pendekatan Eksponensial	14
II.4.3 Metode MODI	17
II.4.4 Software POM-QM	17

II.5 Distribusi	20
II.6 Perum Bulog Sub Divre Polman.....	21
II.6.1 Sumber	21
II.6.2 Wilayah Kerja.....	21
II.6.3 Titik Distribusi.....	22
II.6.4 Titik Distribusi Wilayah Kerja Kabupaten Majene	24
II.7 Alur Kerja Penelitian	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
III.1 Sumber Data.....	26
III.2 Variabel Penelitian	26
III.3 Teknik Pengolahan dan Analisis Data	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
IV.1 Simulasi Model Distribusi Beras Perum Bulog Sub Divre Polman	28
IV.2 Penerapan Metode Transportasi	35
IV.2.1 Penyelesaian dengan Metode Perbaikan Titik Nol	35
IV.2.2 Penyelesaian dengan Modifikasi Pendekatan Eksponensial	56
IV.2.3 Pengolahan Data dengan Software POM-QM	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	88
V.1 Kesimpulan	88
V.2 Saran	89
DAFTAR PUSTAKA.....	90
LAMPIRAN	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Transportasi.....	12
Tabel 4.1 Biaya Transportasi Beras dari Sumber ke Tujuan	32
Tabel 4.2 Biaya Transportasi Beras dari Sumber ke Tujuan (dalam ribuan)	33
Tabel 4.3 Penambahan Kolom <i>Dummy</i> Tabel Transportasi	36
Tabel 4.4 Pengurangan Setiap Entri dalam Kolom dengan Entri Terkecil	37
Tabel 4.5 Penutupan Semua Entri c_{ij} yang Bernilai Nol.....	39
Tabel 4.6 Hasil Reduksi langkah 5.....	40
Tabel 4.7 Penarikan Garis Horizontal dan Vertikal ke-2.....	42
Tabel 4.8 Hasil Reduksi ke-2 Langkah 5	43
Tabel 4.9 Penarikan Garis Horizontal dan Vertikal ke-3.....	45
Tabel 4.10 Hasil Reduksi ke-3 Langkah 5	46
Tabel 4.11 Penarikan Garis Horizontal dan Vertikal ke-4.....	48
Tabel 4.12 Hasil Reduksi ke-4 Langkah 5	49
Tabel 4.13 Pengalokasian pada Baris i atau Kolom j	51
Tabel 4.14 Penyelesaian dengan Metode Perbaikan Titik Nol	53
Tabel 4.15 Pengurangan Setiap Entri dalam Kolom dan Mengganti Biaya <i>dummy</i>	57
Tabel 4.16 Pengurangan Setiap Entri dalam Baris	58
Tabel 4.17 Penarikan Garis Horizontal dan Vertikal ke-1.....	60
Tabel 4.18 Hasil Reduksi ke-1 Langkah 4	61
Tabel 4.19 Penarikan Garis Horizontal dan Vertikal ke-2.....	62
Tabel 4.20 Hasil Reduksi ke-2 Langkah 4	63
Tabel 4.21 Penarikan Garis Horizontal dan Vertikal ke-3.....	64
Tabel 4.22 Hasil Reduksi ke-3 Langkah 4	65
Tabel 4.23 Penarikan Garis Horizontal dan Vertikal ke-4.....	66
Tabel 4.24 Hasil Reduksi ke-4 Langkah 4	67
Tabel 4.25 Pengalokasian pada Baris i atau Kolom j	70

Tabel 4.26 Penambahan Variabel Basis Nol	72
Tabel 4.27 Pembuatan Loop Tertutup	76
Tabel 4.28 Tabel Perbaikan Metode MODI	77
Tabel 4.29 Pembuatan Loop Tertutup ke-2	81
Tabel 4.30 Hasil Penyelesaian Metode MODI	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Transportasi dari Sumber ke Tujuan.....	10
Gambar 2.2 Program <i>Transportation</i> Software POM QM	18
Gambar 2.3 Bagian <i>Untitled</i> Software POM QM	18
Gambar 2.4 <i>Number for Origins</i> dan <i>Number for Destinations</i>	19
Gambar 2.5 Tampilan Baris dan Kolom yang Tersedia	19
Gambar 2.6 <i>Output</i> Program <i>Transportations</i>	19
Gambar 2.7 Transportasi dari Sumber ke Titik Distribusi	23
Gambar 2.8 Alur Kerja Penelitian	25
Gambar 4.1 Alur Pendistribusian Beras dari Sumber ke Tujuan	35
Gambar 4.2 Tampilan Program <i>Transportation</i> pada POM for Windows	85
Gambar 4.3 Tampilan <i>Title</i> , <i>Number for Origins</i> dan <i>Number for Destinations</i>	86
Gambar 4.4 Tabel Transportasi pada <i>POM for Windows</i>	86
Gambar 4.5 Hasil Penyelesaian dengan <i>POM for Windows</i>	87

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Matematika merupakan suatu bidang ilmu pengetahuan yang memuat studi tentang logika, pola dari struktur, susunan besaran dan ruang. Matematika menjadi salah satu aspek penting dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua aktivitas melibatkan konsep matematika karena dapat membantu bidang ilmu lain untuk menganalisis dan menyelesaikan suatu masalah. Matematika adalah proses bernalar, pembentukan karakter dan pola pikir, pembentukan sikap objektif, jujur, sistematis, kritis dan kreatif serta sebagai ilmu penunjang dalam pengambilan suatu kesimpulan. Dengan matematika, berbagai isu-isu yang muncul di Indonesia seperti masalah dalam lingkungan politik, keuangan, penyakit, sistem kontrol dan model transportasi dapat dirumuskan dalam suatu bentuk model matematika untuk memudahkan penyelesaian masalah. (Putri, Dinda Kurnia dkk. 2019).

Transportasi merupakan perpindahan manusia atau barang dari satu area ke area yang lain menggunakan alat yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Signifikan transportasi bagi masyarakat Indonesia terletak pada beberapa aspek, termasuk geografi Indonesia yang meliputi banyak pulau besar dan kecil serta adanya perairan seperti laut, sungai dan danau yang memungkinkan pengangkutan melalui darat, perairan dan udara untuk mencakup seluruh wilayah Indonesia. Alat transportasi memiliki batasan kapasitas yang sangat berpengaruh pada kenyamanan penumpang dan ketahanan alat selama menempuh rute perjalanan sehingga untuk melakukan perpindahan manusia ke tempat yang lain atau penyaluran suatu barang tidak dapat dilakukan sekaligus apabila melewati ambang kapasitas alat transportasi. Hal ini juga akan berdampak pada biaya yang dikeluarkan selama penggunaan transportasi. Semakin jauh jarak tempuh yang ingin dicapai maka biaya transportasi akan semakin meningkat. (Karim, Abdul dkk. 2023). Model transportasi adalah suatu sistem yang dirancang khusus untuk mengatasi tantangan dalam meminimalkan biaya pengiriman dari tempat asal ke tempat tujuan. Model transportasi ini dapat membantu

mengatasi berbagai permasalahan di dunia bisnis. Banyak perusahaan yang berhasil memaksimalkan keuntungan dengan mengatur jadwal pengiriman hasil produksi dengan biaya yang minimal. (Riniwati, Hasruko dkk. 2020). Oleh karena itu, model transportasi merupakan salah satu teknik perhitungan matematika yang dapat digunakan untuk membuat suatu kebijakan perusahaan dalam mengatur biaya yang dikeluarkan setiap pengiriman. (Heyns, Werner & Jaarveld, Simon Van. 2017). Perusahaan yang menggunakan model transportasi sebagai alat strategi memiliki keuntungan kompetitif atas perusahaan yang sejenis, karena tidak semua perusahaan mampu efisien dalam biaya operasional, terutama dalam tahap pendistribusian dalam hal ini perusahaan dituntut untuk meminimalkan total biaya transportasi. (Arofah, Irvana & Gesthantiara, Nandasari Nianty. 2021).

Masalah transportasi dapat diselesaikan dengan beberapa metode dalam dua langkah yaitu menentukan solusi awal dan solusi optimum. Untuk menentukan solusi awal dapat digunakan Metode Sudut Barat Laut (*North West Corner Rule*), Metode Biaya Terendah (*Least Cost Method*), dan Metode Vogel (*Vogel Approximation Method*) sedangkan untuk solusi optimum menggunakan Metode Batu Loncatan (*Stepping Stone Method*) dan Metode Danzing / MODI (*Modified Distribution Method*). (Rangkuti, Aidawayati. 2022).

Selanjutnya, metode baru yang diajukan untuk mengatasi tantangan dalam meminimalkan biaya transportasi. Salah satunya adalah metode Perbaikan Pendekatan Eksponensial (*Improved Exponential Approach*) yang diusulkan oleh Hidayat pada tahun 2016 dan merupakan perkembangan dari metode Pendekatan Eksponensial (*Exponential Approach*) oleh Vannam pada tahun 2013. (Basriati, Sri dkk. 2019). Metode ini memberikan kemudahan dengan sedikit iterasi. Pengalokasian metode Perbaikan Pendekatan Eksponensial bergantung pada angka nol yang muncul pada tabel transportasi. (Rusli dkk. 2022). Pengalokasian tersebut berdasarkan nilai penalti yang minimum dan beberapa kasus terjadi penalti eksponen yang sama sehingga entry biaya yang paling minimum tidak

dipertimbangkan. Oleh karena itu, diusulkan metode Modifikasi Pendekatan Exponensial (*Modified Exponential Approach*) oleh Widia pada tahun 2022 untuk memberikan perbaikan dalam hal pengalokasian. (Nurazian, Widia dkk. 2022).

Adapun metode Perbaikan Titik Nol merupakan salah satu metode transportasi yang memberikan solusi bagaimana cara pengalokasian barang yang tepat dengan biaya minimum. Metode yang termasuk dalam pencarian solusi pada disiplin ilmu Riset Operasi dapat diterapkan untuk memahami cara efektif dalam pengalokasian barang. Metode Perbaikan Titik Nol (*Improved Zero Point Method*) yang diusulkan oleh Samuel pada tahun 2012 merupakan perkembangan dari Metode Titik Nol (*Zero Point Method*) oleh Abbas pada tahun 2012. (Basriati, Sri dkk. 2019). Dimulai dengan langkah pertama yaitu menentukan solusi awal menggunakan metode Perbaikan Titik Nol dengan memperhatikan setiap permintaan dan persediaan yang ada. Selanjutnya gunakan metode Danzing / MODI (*Modified Distribution Method*) untuk menentukan solusi optimumnya.

Perusahaan Umum Badan Urusan Logistik (Perum Bulog) adalah sebuah perusahaan umum pangan di Indonesia yang fokus pada perdagangan dan pengelolaan beras sebagai bahan pokok. Tugas publik Perum Bulog merupakan amanat dari Inpres. No. 3 tahun 2012 tentang kebijakan pengadaan gabah / berita dan penyaluran beras oleh pemerintah yang merupakan pengejawantahan intervensi pemerintah dalam perberasan nasional untuk memperkuat ketahanan pangan.(Khalidin, Bismi & Wahyuni, Rahmi. 2020). Perum Bulog merupakan salah satu perusahaan yang sangat memerlukan alat transportasi untuk menyalurkan logistik berupa beras ke titik distribusi. Pendistribusian ini tentu akan membutuhkan biaya yang cukup besar terutama pada biaya BBM yang digunakan. Perum Bulog tersebar di seluruh wilayah Indonesia dengan wilayah kerja yang sangat luas termasuk dalam wilayah Sub Divisi Reguler (Divre) Polewali Mandar. Perum Bulog Sub Divre Polewali Mandar memiliki 4 gudang sebagai pusat penyimpanan beras yang digunakan untuk mengalirkan persediaan logistik ke setiap daerah yang menjadi titik distribusi. Sebanyak

3 kabupaten yang menjadi wilayah kerja Perum Bulog Sub Divre Polewali Mandar mengakibatkan proses pendistribusian juga dilakukan ke 3 wilayah tersebut. 3 wilayah kerja Sub Divre Polman di antaranya Kabupaten Mamasa, Kabupaten Polewali Mandar dan Kabupaten Majene. Setelah pendistribusian sampai pada setiap kabupaten selanjutnya penyaluran dilakukan pada setiap kecamatan. Setiap kecamatan memiliki jumlah permintaan yang berbeda-beda sehingga perlu adanya pengaturan distribusi yang tepat untuk menyesuaikan kapasitas gudang dengan kebutuhan. Keterlambatan pengiriman beras ke titik distribusi sangat berpotensi menyebabkan kerugian masyarakat sebagai konsumen Bulog. Banyaknya permintaan dari setiap titik distribusi membuat Perum Bulog Sub Divre Polman perlu memaksimalkan produksi dan distribusi secara merata dengan biaya distribusi yang minimal untuk mencapai keuntungan yang optimal.

Model transportasi cukup efektif dalam membantu mengatasi masalah pendistribusian tersebut. Menyadari pentingnya pendistribusian yang sesuai, untuk mengimplementasikan model transportasi pada saluran distribusi di Perum Bulog Sub Divre Polewali Mandar dengan mencari solusi menggunakan metode Perbaikan Titik Nol (*Improved Zero Point Method*) dan Modifikasi Pendekatan Eksponensial (*Modified Exponential Approach*) untuk memastikan distribusi beras yang tepat dan sesuai pada tahun 2023.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian mengenai model transportasi dengan judul :

**“ PENERAPAN METODE PERBAIKAN TITIK NOL DAN
MODIFIKASI PENDEKATAN EKSPONENSIAL DALAM
MENEKAN BIAYA DISTRIBUSI BERAS PERUM BULOG SUB
DIVRE POLMAN ”**

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka rumusan masalah yang akan diteliti adalah :

1. Bagaimana aplikasi Metode Perbaikan Titik Nol dan Modifikasi Pendekatan Eksponensial untuk menekan biaya distribusi beras Perum Bulog Sub Divre Polman ?
2. Berapa biaya minimum transportasi menggunakan Metode Perbaikan Titik Nol dan Modifikasi Pendekatan Eksponensial pada pendistribusian beras Perum Bulog Sub Divre Polman ?

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini maka tujuan penelitian dilakukan adalah

1. Mengaplikasikan Metode Perbaikan Titik Nol dan Modifikasi Pendekatan Eksponensial dalam menekan biaya distribusi beras Perum Bulog Sub Divre Polman.
2. Mengetahui biaya minimum transportasi pada pendistribusian beras Perum Bulog Sub Divre Polman.

I.4 Batasan Masalah

Penulisan skripsi ini membahas tentang penyelesaian model transportasi menggunakan Metode Perbaikan Titik Nol dan Modifikasi Pendekatan Eksponensial dalam menekan biaya distribusi beras pada 4 gudang Perum Bulog Sub Divre Polman dengan wilayah kerja Kabupaten Majene untuk penyaluran pada bulan November 2023.

I.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini :

1. Meningkatkan pemahaman dalam menyelesaikan masalah transportasi menggunakan Metode Perbaikan Titik Nol dan Modifikasi Pendekatan Eksponensial
2. Membantu perusahaan dalam mengoptimalkan biaya distribusi beras Perum Bulog Sub Divre Polman dengan menggunakan model transportasi.
3. Sebagai bahan pertimbangan kepada Perum Bulog dalam menyelesaikan masalah transportasi untuk menyalurkan hasil produksi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Linear Programming

Linear Programming (Pemrograman linear) adalah pendekatan untuk mengoptimalkan proses dengan mempertimbangkan sejumlah kendala yang ada. Pemrograman linear merupakan suatu metode matematika untuk menentukan cara mencapai hasil terbaik dalam model matematika tertentu untuk beberapa persyaratan yang direpresentasikan sebagai persamaan linear. (Himanshu. 2018). Pemrograman linear ialah teknik yang digunakan untuk mengambil keputusan di antara berbagai opsi kegiatan dengan mempertimbangkan batasan-batasan yang diberlakukan oleh kegiatan tertentu. Keputusan ini dinyatakan sebagai fungsi tujuan (*objective function*) sedangkan batasan-batasan yang mempengaruhi pengambilan keputusan dinyatakan dalam bentuk fungsi kendala (*constraints*). Tujuan dalam pemecahan masalah dengan pemrograman linear adalah mencapai tingkat optimal, baik itu maksimal atau minimal yang dibatasi oleh kendala kapasitas waktu, produk, dan kemampuan yang dimiliki. (Rangkuti, Aidawayati. 2022). Persoalan program transportasi (*transportation programming*) merupakan variasi model linear programming yang memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (Riniwati, Hasruko dkk. 2020) :

1. Fungsi tujuan (*objective function*) yang akan dicapai dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi linear.
2. Pembatasan-pembatasan / *constraint* serta terdapat alternatif pemecahan.
3. Terdapat sumber supply dan demand centre serta diketahui besarnya biaya distribusi per unit untuk membawa dari sumber supply ke demand centre.

Adapun bentuk umum model program linear yaitu (Rangkuti, Aidawayati. 2022) :

Maksimumkan

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

dengan kendala atau batasan

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \text{ untuk } i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2)$$

$$x_j \geq 0 \text{ untuk } j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

dituliskan secara lengkap sebagai berikut :

Maksimalkan fungsi tujuan

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

dengan kendala atau batasan

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0.$$

Keterangan :

Z : Fungsi tujuan yang dicari nilai optimalnya (maksimal atau minimal).

c_j : Kenaikan nilai Z apabila terdapat pertambahan tingkat kegiatan x_j dengan satu satuan unit atau sumbangan setiap satuan keluaran kegiatan j terhadap Z .

n : Macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas yang tersedia.

m : Macam batasan sumber atau fasilitas yang tersedia.

x_j : Tingkat kegiatan ke- j

a_{ij} : Banyaknya sumber i yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unsur yang keluaran kegiatan j

b_i : Kapasitas sumber i yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan.

Terdapat lima asumsi program linear, yaitu sebagai berikut :

1. Linearitas, yaitu membatasi bahwa fungsi tujuan dan fungsi kendala harus berbentuk linear, artinya variabel keputusan berpangkat satu.

2. Proporsionalitas, yakni naik turunnya nilai fungsi tujuan dan penggunaan sumber daya atau fasilitas yang tersedia akan berubah secara sebanding (*proportional*) dengan perubahan tingkat kegiatan.
Misalkan $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$ maka setiap penambahan 1 unit x_2 akan menaikkan penggunaan sumber atau fasilitas 1 dengan a_{12} . Demikian juga setiap penambahan 1 unit x_3 akan menaikkan penggunaan sumber atau fasilitas 1 dengan a_{13} , dan seterusnya.
3. Aditivitas, ialah nilai fungsi tujuan untuk tiap kegiatan tidak saling memengaruhi dan dalam pemrograman linear dianggap bahwa kenaikan dari fungsi tujuan yang diakibatkan oleh kenaikan suatu kegiatan dapat ditambahkan tanpa memengaruhi bagian dari kegiatan lain.
4. Deterministik, yang dalam hal ini menyatakan bahwa setiap parameter yang ada dalam pemrograman linear (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) dapat ditentukan dengan pasti, meskipun jarang dengan tepat.
5. Divisibilitas yaitu menyatakan bahwa keluaran (*output*) yang dihasilkan oleh setiap kegiatan dapat berupa bilangan pecahan. Demikian pula nilai Z yang dihasilkan. Dalam memformulasikan suatu masalah nyata ke dalam pemrograman linear maka diperlukan langkah-langkah sebagai berikut: (a) memahami permasalahan; (b) mengidentifikasi variabel-variabel keputusan, (c) menyatakan fungsi tujuan sebagai kombinasi linear dari variabel keputusan; (d) menyatakan kendala structural sebagai kombinasi linear dari variabel keputusan; (e) menyatakan kendala non-negatif dari variabel keputusan. (Rangkuti, Aidawayati. 2022).

II.2 Sistem Transportasi

Sistem transportasi adalah suatu gabungan elemen yang memfasilitasi perpindahan manusia dan barang dari daerah asal ke daerah tujuan. Tanpa satu elemen pun, sistem ini tidak akan berfungsi dengan optimal. Sistem transportasi terbagi dalam struktur makro yang melibatkan beberapa bagian sistem transportasi mikro. Menurut UU No. 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan bagian dari sistem transportasi

nasional harus dikembangkan potensi dan perannya untuk mewujudkan keamanan, keselamatan, ketertiban dan kelancaran berlalu lintas dan angkutan jalan dalam rangka mendukung pembangunan ekonomi dan pengembangan wilayah. Transportasi mencakup tiga aspek berikut (Karim, Abdul dkk 2023) :

1. Terdapat muatan yang diangkut.
2. Tersedia kendaraan sebagai alat angkutan.
3. Terdapat rute yang dapat diakses.

Secara garis besar, transportasi dibagi menjadi 3 yaitu transportasi darat, laut dan udara. Transportasi manusia atau barang sering kali diperlukan sebagai sarana untuk mencapai tujuan tertentu sehingga permintaan atas layanan transportasi dapat dianggap sebagai hasil dari permintaan barang atau jasa lain. (Karim, Abdul. dkk 2023). Pada dasarnya permintaan angkutan diakibatkan oleh hal-hal berikut :

1. Kebutuhan manusia untuk berpergian dari lokasi lain dengan tujuan mengambil bagian di dalam suatu kegiatan, misalnya bekerja, berbelanja, ke sekolah dan lain-lain.
2. Kebutuhan angkutan barang untuk dapat digunakan atau dikonsumsi di lokasi lain. (Magenda, Reyzal G dkk. 2023).

Masalah transportasi berkaitan dengan cara mengatur pendistribusian komoditas dari berbagai sumber ke sejumlah tujuan dengan fokus meminimumkan biaya. Beberapa karakteristik khusus masalah transportasi mencakup (Nurazian, Widia dkk. 2022) :

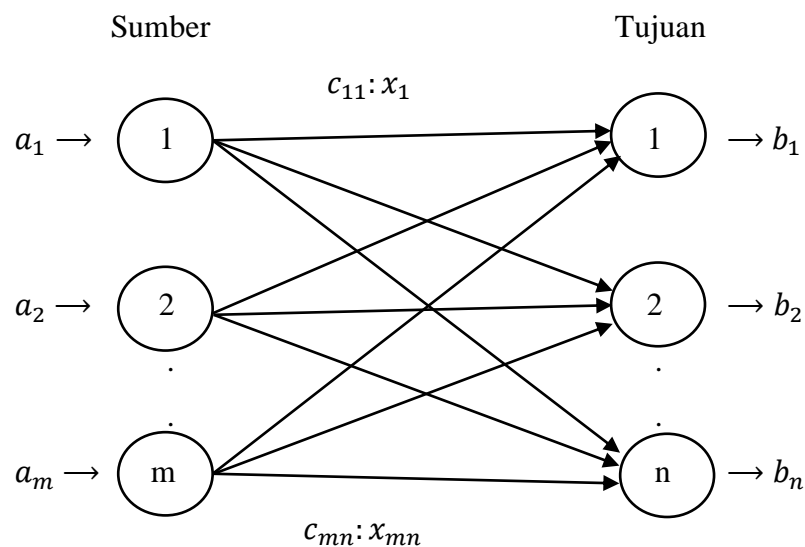
1. Terdapat sejumlah sumber dan tujuan yang telah ditentukan.
2. Jumlah komoditas yang diangkut dari setiap sumber dan yang diminta oleh setiap tujuan yang besarnya ditentukan.
3. Volume komoditas yang diangkut dari sumber ke tujuan sesuai dengan permintaan dan kapasitas sumber.
4. Biaya transportasi komoditas dari sumber ke tujuan telah ditentukan.

II.3 Model Transportasi

Model adalah representasi yang disederhanakan dan digeneralisasi dari keadaan nyata dengan struktur yang lebih sederhana. Salah satu metode

untuk menganalisis keuntungan yang maksimal dengan meminimalkan biaya distribusi pemasaran adalah melalui penggunaan model linear program metode transportasi. Sasaran dalam persoalan transportasi adalah mengalokasikan barang yang ada pada sumber sedemikian rupa sehingga memenuhi semua permintaan pada tujuan yang ditentukan. (Riniwati, Hasruko dkk. 2020). Teknik pemrograman linear digunakan untuk merumuskan dan menyelesaikan masalah transportasi. Perumusan masalah transportasi muncul sebagai suatu tata cara khusus untuk mencari program biaya minimal dalam mengalokasikan unit yang sama dari suatu produk dari titik penawaran ke titik permintaan. Berikut proses transportasi antara permintaan dan penawaran dari sebuah jaringan dengan m sebagai sumber dan n sebagai tujuan. Sumber dan tujuan diwakili dengan sebuah node dan rute pengiriman barang dari yang menghubungkan sumber ke tujuan diwakili dengan busur yaitu (Rangkuti, Aidawayati. 2022) :

1. Masing-masing sumber mempunyai kapasitas $a_i, i = 1, 2, 3, \dots, m$
2. Masing-masing tujuan mempunyai kapasitas $b_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$
3. x_i : Jumlah satuan unit yang dikirim dari sumber i ke tujuan j
4. c_{ij} : Ongkos pengiriman per unit dari sumber i ke tujuan j



Gambar 2.1 Transportasi dari Sumber ke Tujuan

Sumber : Taha, Hamdy A. 2017

Gambar 2.1 menjelaskan bahwa terdapat m sumber dan n tujuan. Rute (m, n) adalah jalur yang menghubungkan dari sumber m ke tujuan n dengan biaya transportasi per unit (c_{mn}) dan jumlah barang yang dikirim x_{mn} . (Iftitah, Nurul dkk. 2020). Persediaan pada sumber m adalah a_m sedangkan permintaan di tujuan adalah b_n . Maka formulasi Pemrograman linear dari persoalan transportasi adalah (Rangkuti, Aidawayati. 2022) :

Fungsi tujuan :

$$\text{Meminimalkan} \quad Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (4)$$

dengan batasan :

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$x_{ij} \geq 0, \text{ untuk semua } i \text{ dan } j$$

Persamaan (5) dan (6) menetapkan bahwa jumlah pengiriman dari sebuah sumber tidak dapat melebihi penawarannya dan mengharuskan jumlah pengiriman ke tujuan tidak dapat melebihi permintaannya. Tujuan model transportasi adalah menentukan jumlah yang harus dikirim dari setiap sumber ke setiap tujuan sedemikian rupa, sehingga biaya transportasi total dapat diminimalkan,

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij} = \sum_i a_i = \sum_j b_j = A$$

Adapun langkah dasar model transportasi yaitu :

1. Menerjemahkan permasalahan dalam bentuk tabel
2. Menentukan solusi fisibel awal (*initial fisible solution*)

3. Melakukan perbaikan pada solusi awal hingga kemungkinan perbaikan tidak mungkin dilakukan lagi (solusi optimal telah tercapai)
4. Mengidentifikasi dan mengevaluasi solusi akhir

Model transportasi dapat direpresentasikan dalam bentuk tabel yang disebut dengan tabel transportasi. Tabel transportasi berisi $m \times n$ kotak dengan baris yang memuat sumber dan kolom mencakup tujuan. Tabel transportasi mampu menggambarkan kegiatan pengiriman barang dari setiap sumber (a_i) ke setiap (b_j) tujuan. Adapun bentuk umum dari tabel transportasi sebagai berikut.

Tabel 2.1 Tabel Transportasi

Ke Dari	Tujuan						Suplay	
	1	2	...	j	...	n		
Sumber	1	C_{11} X_{11}	C_{12}		C_{1j}		C_{1n} X_{1n}	a_1
	2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}		C_{2j} X_{2j}		C_{2n} X_{2n}	a_2

	i	C_{i1}	C_{i2}		C_{ij}		C_{in}	a_i

	m	C_{m1} X_{m1}	C_{m2} X_{m2}		C_{mj} X_{mj}		C_{mn} X_{mn}	a_m
Demand	b_1	b_2		b_j		b_n	$\sum a_i$ $= \sum b_j$	

Sumber : Rangkuti, Aidawayati 2022

II.4 Metode Transportasi

Adapun metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah transportasi ini adalah :

II.4.1 Metode Perbaikan Titik Nol

Metode Perbaikan Titik Nol merupakan sebuah perkembangan dari metode Titik Nol (*Zero Point Method*) yang sangat berguna untuk memecahkan berbagai jenis permasalahan transportasi. Metode ini ditingkatkan dengan langkah yang lebih sederhana, efisien, dan mudah dimengerti. (Jiantari, Ni Kadek dkk. 2022). Pada beberapa permasalahan transportasi tertentu metode Titik Nol (*Zero Point Method*) tidak dapat memberikan solusi sehingga metode ini kemudian dikembangkan menjadi metode Perbaikan Titik Nol (*Improved Zero Point Method*) untuk mendapatkan solusi yang lebih baik.

Langkah - langkah Metode Perbaikan Titik Nol (*Improved Zero Point Method*) sebagai berikut.

- a) Membuat tabel dari masalah transportasi yang telah diberikan dan apabila tabel transportasi belum seimbang pengerjaan dilanjutkan dengan menambah kolom *dummy* jika $\sum_{j=1}^n b_j < \sum_{i=1}^m a_i$. Apabila $\sum_{j=1}^n b_j > \sum_{i=1}^m a_i$, maka dilakukan penambahan baris *dummy*.
- b) Mengurangi setiap entri c_{ij} pada baris dengan entri terkecil pada baris tersebut.
- c) Dari tabel pengurangan baris tersebut, kurangi setiap entri dalam kolom dengan entri terkecil pada kolom tersebut.
- d) Mengecek apakah setiap baris permintaan kurang dari atau sama dengan jumlah kolom persediaan yang menyuplai kolom permintaan tersebut, di mana baris yang menyuplai adalah baris pada kolom tersebut yang biaya tereduksinya nol. Mengecek apakah setiap kolom persediaan kurang dari atau sama dengan jumlah baris permintaanyang meminta persediaan , di mana kolom yang meminta persediaan adalah kolom pada baris tersebut yang biaya tereduksinya nol. Apabila syarat tersebut terpenuhi maka dilanjutkan pada langkah (g) jika tidak maka dilanjutkan pada langkah (e).
- e) Menutup semua entri c_{ij} bernilai nol dengan garis mendatar dan tegak seminimal mungkin sehingga beberapa entri dari kolom atau baris yang tidak memenuhi syarat pada langkah (d) akan ditutup.

- f) Membentuk tabel transportasi perbaikan dengan cara sebagai berikut :
- 1) Menemukan nilai biaya tereduksi yang terkecil pada tabel yang tidak tertutup garis.
 - 2) Mengurangkan nilai tersebut ke semua entri c_{ij} nilai yang tidak tertutup garis dan menambahkan nilai tersebut ke semua entri c_{ij} nilai yang tertutup oleh dua garis. Setelah itu kembali ke langkah (d), mengecek apakah kondisi sudah terpenuhi.
- g) Memilih sel pada tabel transportasi hasil langkah (f) yang memiliki biaya tereduksi terbesar dan dinamakan sel kunci (i, j) . Jika terdapat lebih dari satu sel, maka dipilih salah satu.
- h) Memilih sel pada baris i atau kolom j pada tabel transportasi yang memiliki biaya tereduksi nol dan mengisikan semaksimal mungkin pada sel tersebut sehingga memenuhi persediaan dan permintaan.
- i) Membentuk tabel transportasi yang telah diperbaiki.
- j) Mengulangi langkah (g) sampai (h) sehingga semua baris persediaan dan kolom permintaan terpenuhi. (Junaidi dkk. 2022).

Perbedaan metode Titik Nol (*Zero Point Method*) dengan metode Perbaikan Titik Nol (*Improved Zero Point Method*) terletak pada langkah (i). Adapun langkah (i) pada metode Titik Nol adalah membentuk kembali tabel transportasi yang telah diperbaiki setelah menghapus baris suplay yang sudah memenuhi nilai maksimum dan kolom permintaan yang telah terpenuhi sedangkan langkah (i) pada metode Perbaikan Titik Nol (*Improved Zero Point Method*) adalah membentuk kembali tabel transportasi yang telah diperbaiki tanpa menghapus baris persediaan atau kolom permintaan yang sudah terpenuhi.

II.4.2 Modifikasi Pendekatan Eksponensial

Usulan metode baru untuk memperbaiki metode *Improved Exponential Approach* yaitu metode yang disebut *Modified Exponential Approach*. Pengalokasian pada metode *Improved Exponential Approach* berdasarkan nilai penalty eksponen yang minimum. Terdapat beberapa

kasus di mana penalty eksponen sama untuk setiap entri dan pengalokasian ditetapkan pada entri dengan nilai rata-rata yang terendah sehingga pengalokasian dilakukan tanpa memperhatikan entri biaya yang paling minimum. Oleh karena itu, *Modified Exponential Approach* memberikan perbaikan pada pengalokasian biaya reduksi terbesar dengan memperhatikan sel dengan entri biaya yang minimum saat direduksi. Adapun langkah – langkah pada metode *Modified Exponential Approach* adalah sebagai berikut.

- a) Pembentukan model transportasi (tabel) dari masalah transportasi yang diberikan telah mencapai keseimbangan, maka selanjutnya adalah ke langkah (c). Namun, jika tabel transportasi belum seimbang, proses dilanjutkan pada langkah b. Pengerjaan dilanjutkan dengan menambah kolom *dummy* jika $\sum_{j=1}^n b_j < \sum_{i=1}^m a_i$. Apabila $\sum_{j=1}^n b_j > \sum_{i=1}^m a_i$, maka dilakukan penambahan baris *dummy*.
- b) Jika kolom atau baris *dummy* ditambahkan, maka dilakukan pengurangan setiap entri c_{ij} pada kolom atau baris dari nilai entri c_{ij} minimum pada kolom/baris masing-masing. Pergantian biaya *dummy* dengan entri c_{ij} yang terbesar dari tabel yang sudah direduksi sebelumnya. Jika kolom *dummy* yang ditambahkan maka pengerjaan dilanjutkan ke langkah (c1) lalu (c2) dan jika baris *dummy* yang ditambahkan maka pengerjaan dilanjutkan ke langkah (c2) lalu (c1).
- c) Selanjutnya lakukan langkah
 - 1) Pengurangan setiap entri c_{ij} pada baris dari tabel transportasi dari nilai entri c_{ij} yang minimum pada masing-masing baris.
 - 2) Pengurangan setiap entri c_{ij} pada kolom dari tabel transportasi dari nilai entri c_{ij} yang minimum pada masing-masing kolom.

Dari langkah (c) diperoleh bahwa setiap baris dan kolom memiliki setidaknya satu entri c_{ij} bernilai nol.

- d) Pengecekan setiap kolom b_j kurang atau sama dengan jumlah a_i dalam baris dengan melihat pada kolom yang entri c_{ij} tereduksi bernilai nol. Selanjutnya pengecekan setiap baris a_i kurang dari atau sama dengan jumlah b_j dalam kolom dengan memperhatikan baris yang entri c_{ij} tereduksi bernilai nol. Apabila ketentuan tersebut terpenuhi, pengerjaan dilanjutkan pada langkah (g). Apabila tidak terpenuhi maka pengerjaan dilanjutkan pada langkah (e).
- e) Penarikan garis horizontal dan vertikal pada semua baris dan kolom yang memiliki entri c_{ij} bernilai nol. Penarikan ini dilakukan tanpa menutup entri c_{ij} yang tidak memenuhi pada langkah (d).
- f) Pemilihan entri c_{ij} terkecil pada sel yang tidak terkena garis. Pengurangan sebesar c_{ij} terpilih ke semua entri c_{ij} yang tidak terkena garis dan penambahan sebesar c_{ij} terpilih ke semua entri c_{ij} yang terletak pada perpotongan dua garis. Pengerjaan kembali ke langkah (d).
- g) Penetapan penalti eksponen (jumlah entri c_{ij} bernilai nol dari masing-masing baris i dan kolom j), dimisalkan e_{ij} , pada sel dengan entri c_{ij} bernilai nol. Penetapan ini tidak termasuk entri c_{ij} yang akan ditentukan nilai penalti eksponennya. Pengulangan prosedur di atas untuk semua entri c_{ij} bernilai nol dalam tabel.
- h) Pengalokasian nilai sel dengan jumlah maksimum, dimisalkan x_{ij} , dengan $x_{ij} = \min(a_i, b_j)$ dengan memperhatikan prioritas pengalokasian sebagai berikut :
- 1) Entri c_{ij} bernilai nol yang memiliki penalti eksponen bernilai 0.
 - 2) Entri c_{ij} bernilai nol yang memiliki penalti eksponen bernilai 1.
 - 3) Pemilihan sel yang memiliki entri c_{ij} tereduksi terbesar dan dinamakan (i, j) . Alokasikan pada sel baris i atau kolom j dengan entri c_{ij} yang minimum saat direduksi.

- i) Baris atau kolom (di mana a_i atau b_j menjadi nol) ditandai untuk tidak dimasukkan dalam perhitungan selanjutnya, kemudian pengerjaan kembali ke langkah (d) hingga semua b_j terpenuhi.
- j) Perhitungan biaya optimal. (Nurazian, Widia dkk. 2022).

Penyelesaian dari hasil Metode Perbaikan Titik Nol (*Improved Zero Point Method*) dan Modifikasi Pendekatan Eksponensial (*Modified Exponential Approach*) dilakukan uji optimalitas dengan menggunakan metode Danzing/MODI (*Modified Distribution Method*) sebagai perhitungan manual dan bantuan software POM QM.

II. 4.3 Metode MODI (*Modified Distribution*)

Modified Distribution merupakan perkembangan dari metode *stepping stone* dengan teknik yang sudah dimodifikasi. Adapun langkah-langkah dalam menggunakan metode MODI adalah :

- a. Untuk setiap tabel dengan pemecahan awal yang fisibel

$$c_{ij} = U_i + V_j \text{ di mana } U_i = 0$$

$$\bar{c}_{ij} = U_i + V_j \text{ untuk semua } (i, j)$$

- b. Hitung indeks perbaikan $K_{ij} = U_i + V_j - c_{ij}$

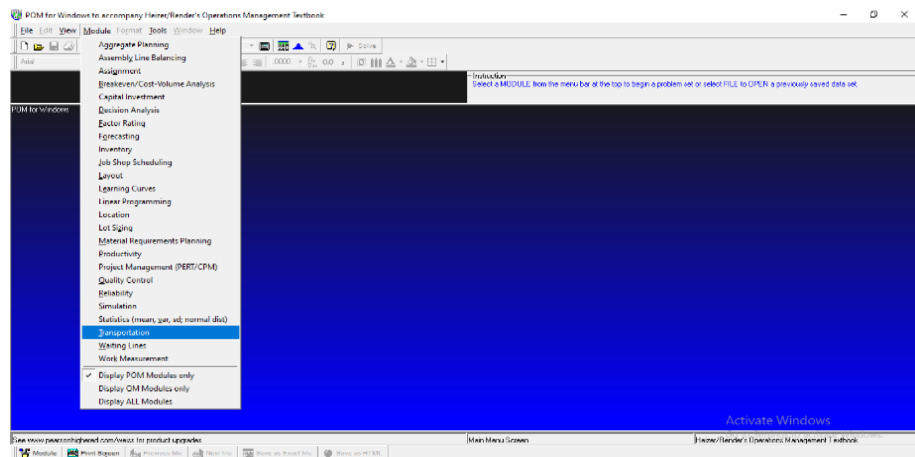
Langkah (b) dihitung untuk semua kotak yang bukan basis. Jika $K_{ij} \leq 0$ maka pemecahan telah optimal, apabila $K_{ij} \geq 0$ dilanjutkan dengan langkah berikutnya.

- c. Gambarkan lintasan atau jalur tertutup (closed path) dari kotak dengan indeks perbaikan positif terbesar yang masuk menjadi basis.
- d. Beri tanda (+) kemudian (-) secara bergantian pada biaya dari kotak yang membentuk lintasan seperti pada metode batu loncatan.
- e. Untuk variabel yang berasal dari kotak dengan tanda (+) cari yang nilainya minimal. Kotak ini harus keluar basis dan nilainya dialokasikan bagi variabel dari kotak yang mempunyai nilai indeks perbaikan yang positif terbesar (kotak yang masuk basis).
- f. Buat tabel yang baru, kemudian kembali ke langkah (b). Apabila semua nilai $K_{ij} \leq 0$ maka proses dihentikan karena pemecahan sudah optimal. (Rangkuti, Aidawayati. 2022).

II.4.4 Software POM QM

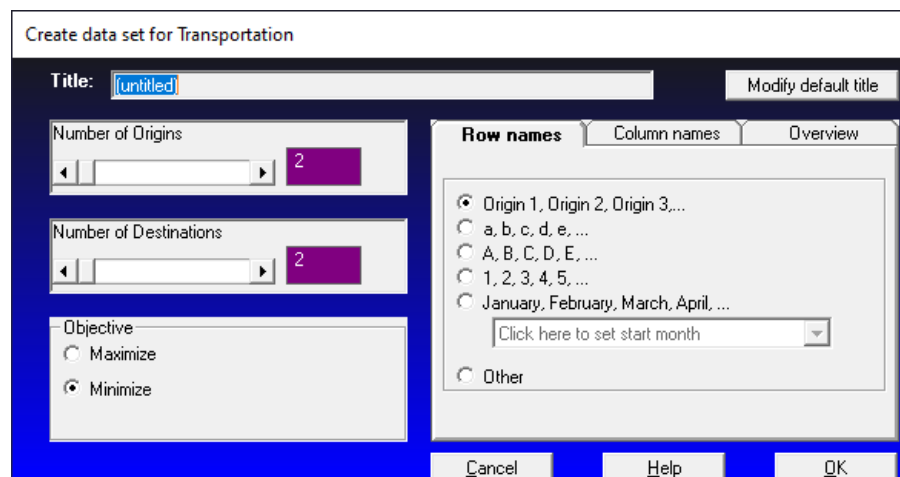
Software POM QM dapat membantu dalam menyelesaikan berbagai masalah transportasi. Adapun langkah – langkah dalam mengoperasikan software POM QM adalah sebagai berikut.

- a. Buka program *POM for windows*
- b. Pada tampilan utama, pilih *File* lalu *New*, setelah itu pilih program *transportation* pada menu *Module* seperti pada gambar berikut.



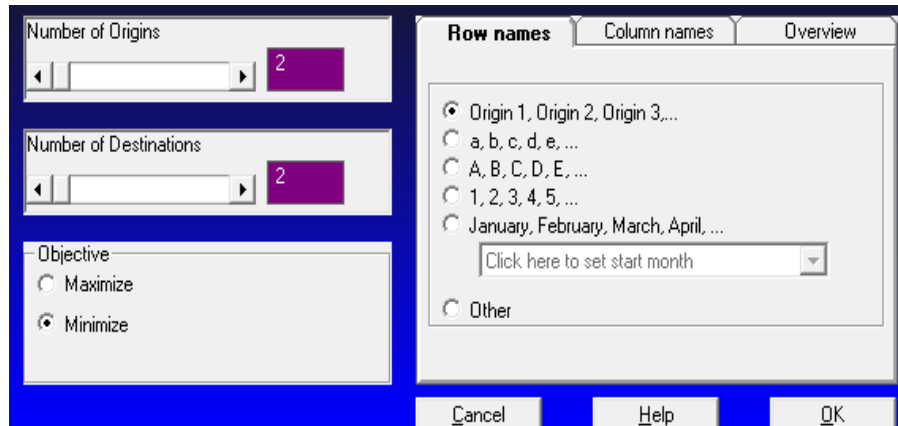
Gambar 2.2 Program *Transportation* Software POM QM

- c. Beri judul pada bagian *Untitled* sesuai keinginan.



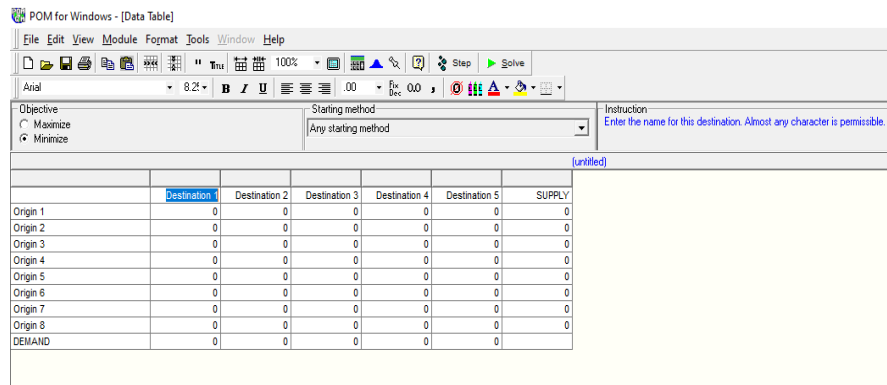
Gambar 2.3 Bagian *Untitled* Software POM QM

- d. Selanjutnya isi jumlah sumber dan tujuan pada *number for Origins* dan *Number for Destinations* dengan mengklik tanda panah atau mengisi angka secara langsung. Pada bagian *objective* terdapat pilihan *maximize or minimize*, pilih salah satu sesuai dengan fungsi tujuan.



Gambar 2.4 *Number for Origins* dan *Number for Destinations*

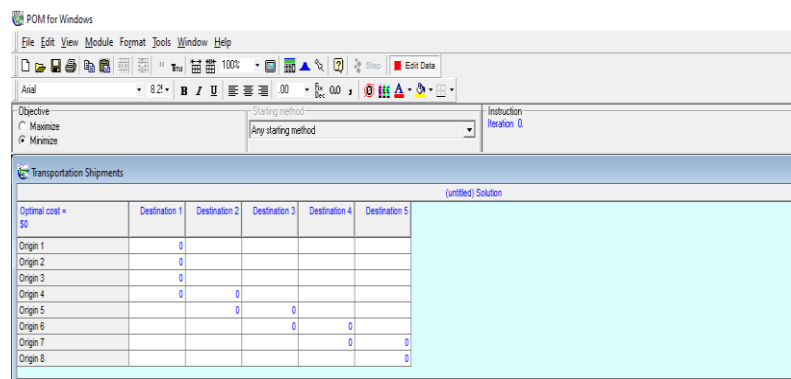
e. Klik ok hingga muncul tampilan seperti gambar berikut.



Gambar 2.5 Tampilan Baris dan Kolom yang Tersedia

f. Isi seluruh baris dan kolom yang tersedia sesuai dengan permasalahan transportasi dan mengganti nama *destination 1, 2, 3 ...* dan *source 1, 2, 3, ...* sesuai dengan keinginan.

g. Klik *starting method* untuk memilih metode yang akan digunakan, kemudian klik *solve* untuk menampilkan hasil analisis sehingga muncul *output* seperti gambar berikut.



Gambar 2.6 *Output* program *Transportations*

h. Setelah itu akan muncul hasil analisis *transportation*. (Puspa, Sari dkk. 2023).

II.5 Distribusi

Distribusi merupakan salah satu faktor penting bagi perusahaan untuk dapat melakukan pengiriman produk secara tepat waktu dan dalam kondisi baik. Penentuan rute yang baik dan manajemen logistik yang efektif dapat membantu perusahaan mencapai tujuan yang maksimal. Saluran distribusi adalah suatu jalur yang dilalui oleh arus barang-barang dari produsen ke perantara dan akhirnya sampai pada pemakai. Saluran distribusi merupakan sekelompok pedagang dan agen perusahaan yang mengkombinasikan antara pemindahan fisik dan nama dari suatu produk untuk menciptakan kegunaan bagi pasar tertentu. Produsen barang industri memiliki opsi untuk melakukan penjualan langsung kepada pelanggan industri atau bekerjasama dengan distributor yang akan memasarkan produk kepada pelanggan. Selain itu, produsen juga dapat menggunakan perwakilan atau cabang penjualan cabang mereka untuk mencapai pelanggan industri secara tidak langsung melalui distributor industri. (Riyoko, Sisno. 2020).

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan distribusi antara lain :

1. Pertimbangan pasar

Saluran distribusi sangat dipengaruhi oleh pola pembelian konsumen maka keadaan pasar merupakan salah satu faktor penentu pemilihan saluran distribusi seperti konsumen atau pasar industri, jumlah pembeli potensial, konsentrasi pasar sasaran geografis, jumlah pesanan dan kebiasaan dalam membeli.

2. Pertimbangan barang

Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dari segi barang yaitu nilai unit, besar dan berat barang, mudah rusaknya barang, sifat teknis, barang standard dan pesanan serta luasnya produk line.

3. Pertimbangan perusahaan

Saluran pemasaran sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor dari segi perusahaan yaitu sumber pembelanjaan, pengalaman dan kemampuan

manajemen, pengawasan, pelayanan yang diberikan oleh penjual dan lain-lain.

4. Pertimbangan perantara

Faktor ini menjadi pertimbangan karena pelayanan yang diberikan oleh perantara sangat berpengaruh, kegunaan perantara, sifat perantara terhadap kebijakan produsen, volume penjualan dan ongkos.

II.6 Perum Bulog Sub Divre Polman dan Tujuan Distribusi

Perum Bulog Sub Divre Polman menyalurkan beras ke berbagai titik distribusi dengan sumber, wilayah kerja dan titik distribusi sebagai berikut.

II.6.1 Sumber

Dalam mendistribusikan beras, Perum Bulog Sub Divre Polman memiliki empat gudang Bulog yang menjadi sumber penyimpanan beras yaitu

a. Gudang Bulog Polewali

Gudang Bulog Polewali terletak di Jl. Bahari No. 74 Desa Polewali, Kecamatan Polewali, Kabupaten Polewali Mandar.

b. Gudang Bulog Ammassanggang

Gudang Bulog Ammassanggang terletak di Jl. Poros Polman-Pinrang Desa Ammassanggang Kecamatan Binuang, Kabupaten Polewali Mandar.

c. Gudang Bulog Campurjo

Gudang Bulog Campurjo berada di Jl. Poros Majene Desa Campurjo, Kecamatan Wonomulyo, Kabupaten Polewali Mandar

d. Gudang Bulog Rangas

Gudang Bulog Rangas berada di Jl. Jend. Ahmad Yani Desa Rangas, Kecamatan Banggae, Kabupaten Majene.

II.6.2 Wilayah Kerja

Adapun daerah tujuan distribusi yang tersebar di seluruh wilayah kerja Perum Bulog Sub Divre Polman terdapat 3 Kabupaten di antaranya :

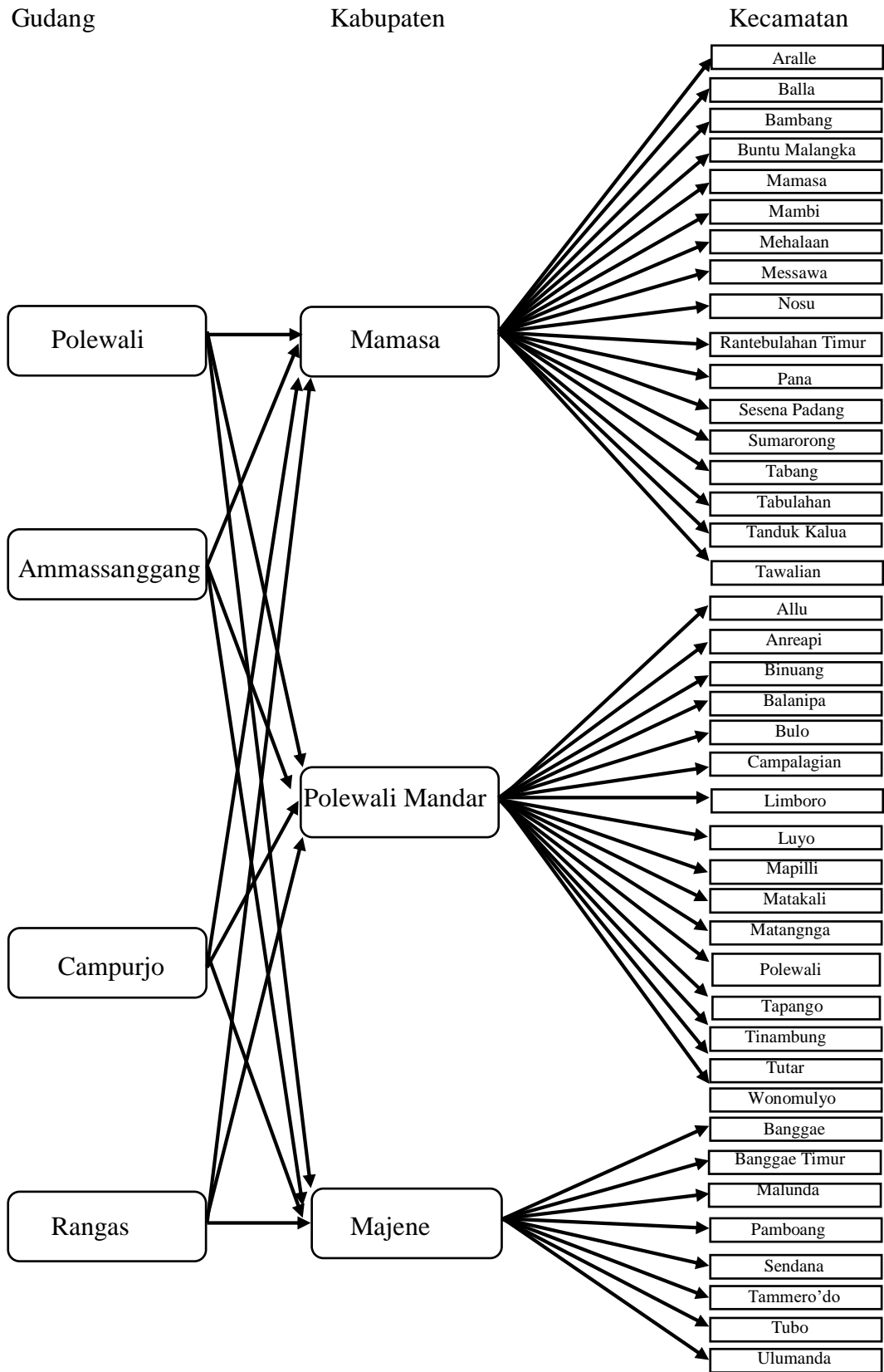
a. Kabupaten Mamasa

b. Kabupaten Polewali Mandar

c. Kabupaten Majene

II.6.3 Titik Distribusi

Titik distribusi beras Perum Bulog Sub Divre Polman adalah seluruh kecamatan yang ada di setiap Kabupaten wilayah kerja. Setiap Kabupaten memiliki jumlah kecamatan yang berbeda-beda. Adapun gambaran transportasi untuk pendistribusian dari 4 gudang Bulog Sub Divre Polman ke seluruh titik distribusi adalah sebagai berikut.



Gambar 2.7 Transportasi dari Sumber ke Titik Distribusi

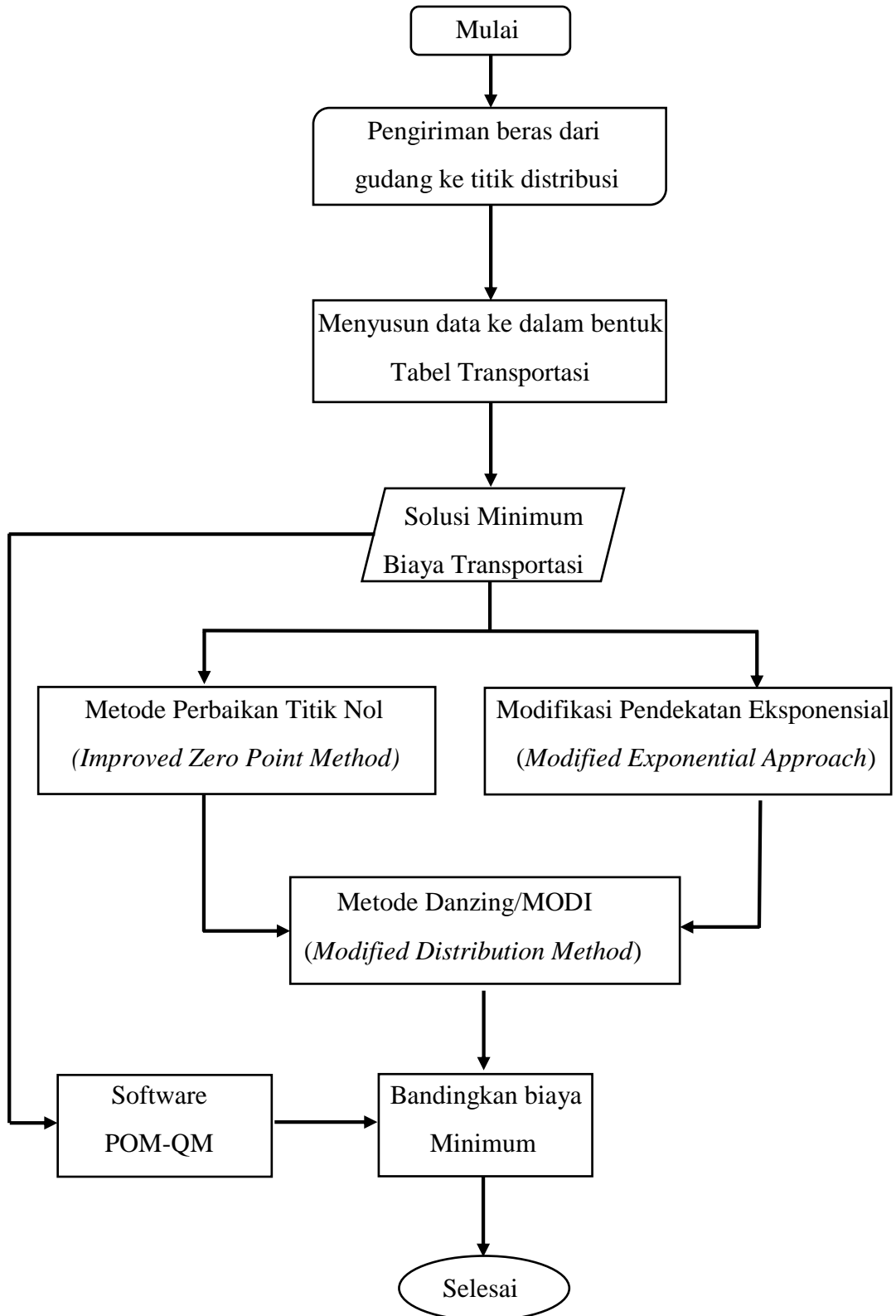
II.6.4 Titik Distribusi Wilayah Kerja Kabupaten Majene

Titik distribusi beras Perum Bulog Sub Divre Polman adalah seluruh Kecamatan yang ada di setiap Kabupaten wilayah kerja. Setiap kabupaten memiliki jumlah kecamatan yang berbeda beda. Titik distribusi beras Perum Bulog Sub Divre Polman untuk wilayah kerja Kabupaten Majene adalah :

- a. Kecamatan Banggae
- b. Kecamatan Banggae Timur
- c. Kecamatan Malunda
- d. Kecamatan Pamboang
- e. Kecamatan Sendana
- f. Kecamatan Tammero'do
- g. Kecamatan Tubo
- h. Kecamatan Ulumanda

II.7 Alur Kerja Penelitian

Alur kerja penelitian merupakan suatu rancangan terhadap hubungan variabel-variabel yang akan diteliti. Adapun alur pengerjaan penelitian diilustrasikan pada gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 Alur Kerja Penelitian