

PERBANDINGAN *IMPROVED ZERO POINT METHOD (IZPM)* DAN *ROW COLUMN WEIGHTED MINIMUM COST ALLOCATION METHOD (RCWMCAM)* DALAM MENYELESAIKAN MASALAH TRANSPORTASI

SKRIPSI



ASFII SAIVA

H011201002

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

PERBANDINGAN *IMPROVED ZERO POINT METHOD (IZPM)* DAN *ROW COLUMN WEIGHTED MINIMUM COST ALLOCATION METHOD (RCWMCAM)* DALAM MENYELESAIKAN MASALAH TRANSPORTASI

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

**ASFI SAIVA
H011201002**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
APRIL 2024**

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul:

Perbandingan *Improved Zero Point Method (IZPM)* dan *Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method (RCWMCAM)* dalam Menyelesaikan Masalah Transportasi

adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun.

Makassar, 19 April 2024

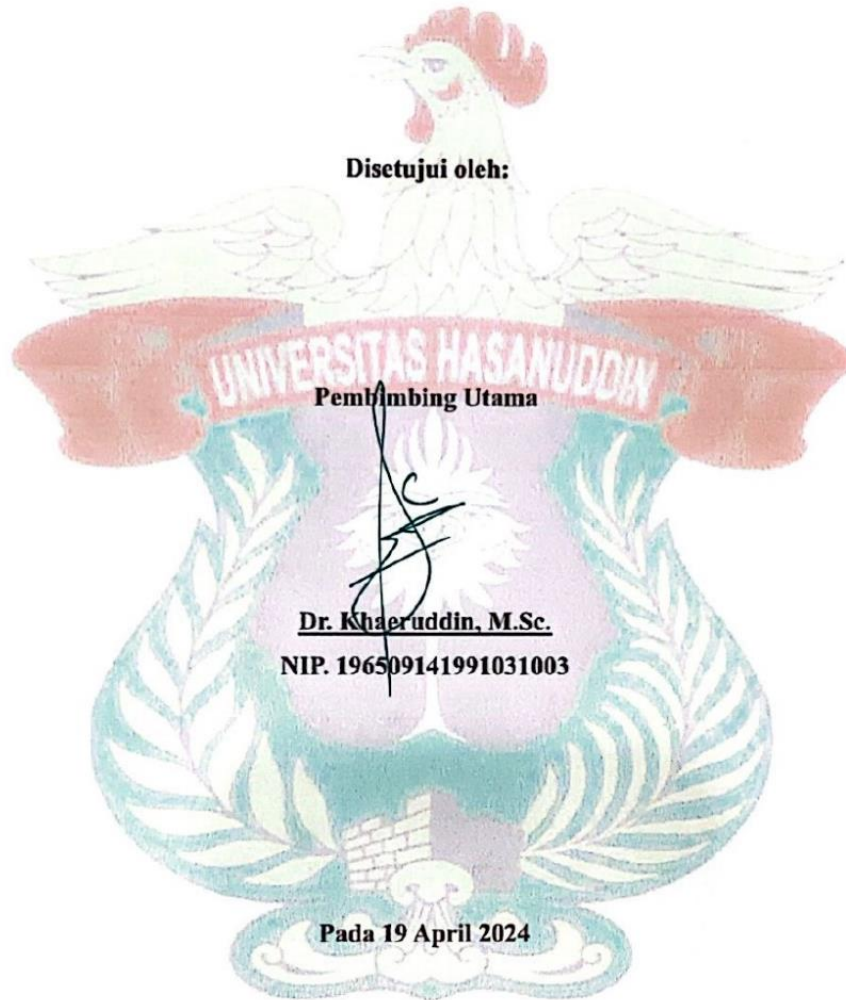


Asfi Saiva

NIM. H011201002

PERBANDINGAN *IMPROVED ZERO POINT METHOD (IZPM)* DAN *ROW COLUMN WEIGHTED MINIMUM COST ALLOCATION METHOD (RCWMCAM)* DALAM MENYELESAIKAN MASALAH TRANSPORTASI

Disetujui oleh:



Pembimbing Utama

Dr. Khaeruddin, M.Sc.

NIP. 196509141991031003

Pada 19 April 2024

HALAMAN PENGESAHAN

PERBANDINGAN *IMPROVED ZERO POINT METHOD (IZPM)* DAN *ROW COLUMN WEIGHTED MINIMUM COST ALLOCATION METHOD (RCWMCAM)* DALAM MENYELESAIKAN MASALAH TRANSPORTASI

Disusun dan diajukan oleh

ASFİ SAİVA

H011201002

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 19 April 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Dr. Khaeruddin, M.Sc.

NIP. 196509141991031003

Ketua Program Studi

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

NIP. 196804292002121001






HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Asfi Saiva
NIM : H011201002
Program Studi : Matematika
Judul Skripsi : Perbandingan *Improved Zero Point Method* (IZPM) dan *Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method* (RCWMCAM) dalam Menyelesaikan Masalah Transportasi

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

DEWAN PENGUJI

1. Ketua : Dr. Khaeruddin, M.Sc. ()
2. Anggota : Prof. Dr. Moh. Ivan Azis, M.Sc. ()
3. Anggota : Prof. Dr. Kasbawati, S.Si., M.Si. ()

Ditetapkan : Makassar
Tanggal : 19 April 2024



v

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Perbandingan *Improved Zero Point Method* (IZPM) dan *Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method* (RCWMCAM) dalam Menyelesaikan Masalah Transportasi". Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan para sahabat yang merupakan suri tauladan bagi ummatnya. Penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Matematika Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta Bapak **Ibnu Zainuddin** dan Ibu **Evi Nuraini** yang telah membesarkan dan mendidik penulis dengan penuh kesabaran, senantiasa mencurahkan kasih sayang yang tak pernah putus, serta memberikan dukungan dan doa yang tulus sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Begitu pula kepada adik tersayang **Assyaqia Ufairah** yang telah memberikan motivasi dan dukungan pada penulis.

Penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan adanya bantuan dan kerja sama dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung berupa tenaga, pemikiran, dan moral maupun material. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin, S.Si., M.Si.**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Dr. Khaeruddin, M.Sc.**, selaku pembimbing untuk segala ilmu, nasihat, dan kesabaran dalam membimbing dan mengarahkan penulis, serta bersedia meluangkan waktunya untuk mendampingi penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

4. Bapak **Prof. Dr. Moh. Ivan Azis, M.Sc.**, selaku penguji, dan Ibu **Prof. Dr. Kasbawati, S.Si., M.Si.**, selaku penguji dan penasihat akademik penulis yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan saran dan arahan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak/Ibu **Dosen Departemen Matematika** yang telah membagikan ilmu dan pengalamannya, serta **Staf Departemen Matematika** atas segala bantuannya.
6. Sahabat penulis **Hilda Alifatin, Afiliani, dan Nurfitriya Syawalia Usman** yang telah membantu, menemani, menyemangati, dan tempat berbagi keluh-kesah penulis.
7. Teman-teman penulis **Kadek Susi Badrawati, Fahira Farensia Ediyanto, Indah Puspita Sari, Sisilia Anggraeni, Wardalisah, dan Nurpadian** yang telah membantu dan menjadi teman diskusi penulis selama perkuliahan dan proses penulisan skripsi.
8. Teman-teman **Matematika 2020** atas segala dukungan, kebersamaan, dan kerjasamanya selama ini.
9. Serta segala pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan keterbatasan pengalaman dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan segala bentuk saran, masukan, serta kritik yang membangun dari berbagai pihak. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Makassar, April 2024



Penulis

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

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

Nama : Asfi Saiva
NIM : H011201002
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 Noneklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Perbandingan *Improved Zero Point Method (IZPM)* dan *Row Column Weighted Minimum Cost Allocatio Method (RCWMCAM)* dalam Menyelesaikan Masalah Transportasi”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal diatas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/formal-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 19 April 2024

Yang menyatakan



Asfi Saiva

ABSTRAK

Masalah transportasi merupakan salah satu bentuk khusus dari pemrograman linear yang berhubungan dengan pengalokasian barang dari sumber ke tujuan. Masalah tersebut dapat diselesaikan dengan dua tahap yaitu menentukan solusi fisibel awal dan solusi optimal. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh perbandingan *Improved Zero Point Method* (IZPM) dan *Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method* (RCWMCAM) terhadap solusi optimal. Penelitian dilakukan pada enam kasus dengan ukuran matriks yang berbeda-beda. Kasus-kasus tersebut diselesaikan menggunakan program yang dibuat dengan bahasa pemrograman MATLAB untuk memperoleh solusi fisibel awal serta menggunakan *software* TORA untuk memperoleh solusi optimal. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh bahwa RCWMCAM lebih unggul dalam empat kasus untuk menyelesaikan masalah transportasi dibanding IZPM. Pada kasus dengan ukuran matriks 3×5 IZPM dan RCWMCAM menghasilkan solusi fisibel awal serta *relative error* yang sama, pada matriks dengan ukuran 5×5 IZPM menghasilkan solusi fisibel awal serta *relative error* yang lebih kecil dari RCWMCAM, kemudian pada kasus dengan ukuran 8×8 , 9×10 , 20×20 , dan 23×25 RCWMCAM menghasilkan solusi fisibel awal serta *relative error* yang lebih kecil dari IZPM. Oleh karena itu, dalam penelitian ini RCWMCAM dianggap sebagai metode yang lebih baik dan mendekati solusi optimal dibanding IZPM.

Kata kunci: IZPM, Masalah Transportasi, MATLAB, RCWMCAM, TORA, Solusi Optimal.

Judul : Perbandingan *Improved Zero Point Method* (IZPM) dan *Row Column Minimum Cost Allocation Method* (RCWMCAM) dalam Menyelesaikan Masalah Transportasi

Nama : Asfi Saiva

NIM : H011201002

Program Studi : Matematika

ABSTRACT

The transportation problem is a special form of linear programming that deals with the allocation of goods from sources to destinations. This problem can be solved in two stages, namely determining the initial feasible solution and the optimal solution. This research aims to obtain a comparison of the Improved Zero Point Method (IZPM) and the Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method (RCWMCAM) towards the optimal solution. The research was conducted on six cases with different matrix sizes. These cases were solved using a program created in the MATLAB programming language to obtain an initial feasible solution and using TORA software to obtain an optimal solution. Based on the results of the research conducted, it was found that RCWMCAM was superior in four cases for solving transportation problems compared to IZPM. In the case of a matrix size of 3×5 , IZPM and RCWMCAM produce the same initial feasible solution and relative error, in the case of a matrix size of 5×5 , IZPM produces an initial feasible solution and a relative error that is smaller than RCWMCAM, and in the case of a matrix size of 8×8 , 9×10 , 20×20 , and 23×25 , RCWMCAM produces initial feasible solutions and relatively smaller errors than IZPM. Therefore, in this research, RCWMCAM is considered a better method and closer to the optimal solution than IZPM.

Keywords: IZPM, Transportation Problems, MATLAB, RCWMCAM, TORA, Optimal Solution.

Title : Comparison of the Improved Zero Point Method (IZPM) and the Row Column Minimum Cost Allocation Method (RCWMCAM) in Solving Transportation Problems

Name : Asfi Saiva

Student ID : H011201002

Study Program : Mathematics

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pemrograman Linear	4
2.2 Masalah Transportasi	5
2.2.1 Model Transportasi.....	6
2.2.2 Jenis-Jenis Masalah Transportasi.....	8
2.3 <i>Improved Zero Point Method (IZPM)</i>	8
2.4 <i>Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method (RCWMCAM)</i>	9
2.5 TORA.....	10
2.7 Contoh Kasus	11
2.7.1 Penyelesaian Solusi Fisibel Awal Menggunakan <i>Improved Zero Point Method (IZPM)</i>	12

2.7.2 Penyelesaian Solusi Fisibel Awal Menggunakan <i>Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method</i> (RCWMCAM).....	18
2.7.3 Penyelesaian Solusi Optimal Menggunakan <i>Software</i> TORA	22
BAB III	24
METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Jenis dan Sumber Data	24
3.2 Prosedur Penelitian.....	24
3.3 Alur Kerja Penelitian	25
HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Deskripsi Data.....	26
4.2 Implementasi Program dan <i>Software</i>	27
4.3 Hasil Penerapan <i>Improved Zero Point Method</i> (IZPM) dan <i>Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method</i> (RCWMCAM) pada Masalah Transportasi.....	29
BAB V	32
KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Transportasi.....	7
Tabel 2. 2 Biaya Transportasi	11
Tabel 2. 3 Tabel Transportasi Menggunakan IZPM	12
Tabel 2. 4 Hasil Pengurangan Setiap Elemen Baris Menggunakan IZPM.....	13
Tabel 2. 5 Hasil Pengurangan Setiap Elemen Kolom Menggunakan IZPM	13
Tabel 2. 6 Hasil Periksa Kolom Iterasi 1 Menggunakan IZPM.....	14
Tabel 2. 7 Hasil Periksa Baris Iterasi 1 Menggunakan IZPM	14
Tabel 2. 8 Menutup Semua Elemen Nol dengan Garis Mendatar dan Tegak.....	15
Tabel 2. 9 Tabel Transportasi Perbaikan.....	15
Tabel 2. 10 Hasil Akhir Periksa Kolom Iterasi 2 Menggunakan IZPM	16
Tabel 2. 11 Hasil Akhir Periksa Baris Iterasi 2 Menggunakan IZPM	16
Tabel 2. 12 Pemilihan Sel dengan Biaya Tereduksi Terbesar Menggunakan IZPM	16
Tabel 2. 13 Pemilihan Sel Alokasi Menggunakan IZPM	17
Tabel 2. 14 Alokasi Menggunakan IZPM.....	17
Tabel 2. 15 Hasil Akhir Menggunakan IZPM	17
Tabel 2. 16 Tabel Transportasi Menggunakan RCWMCAM	18
Tabel 2. 17 Pemilihan <i>Minimum Cost</i> (MC) Pada Setiap Baris dan Kolom	18
Tabel 2. 18 Nilai <i>Feasible Quantity</i> (FQ).....	19
Tabel 2. 19 Nilai <i>Minimum Cost Allocation</i> (MCA)	20
Tabel 2. 20 Nilai Biaya Penalti.....	20
Tabel 2. 21 <i>Weight Minimum Cost Allocation</i> (WMCA).....	21
Tabel 2. 22 Iterasi 1 Menggunakan RCWMCAM.....	21
Tabel 2. 23 Hasil Alokasi Menggunakan RCWMCAM	22
Tabel 2. 24 Hasil Akhir RCWMCAM.....	22
Tabel 4. 1 Data Kasus Transportasi	26
Tabel 4. 2 Hasil Perbandingan IZPM dan RCWMCAM.....	30
Tabel L. 3. 1 Kasus Tidak Seimbang 3 x 5.....	46
Tabel L. 3. 2 Kasus Seimbang 5 x 5.....	46
Tabel L. 3. 3 Kasus Seimbang 8 x 8.....	46

Tabel L. 3. 4 Kasus Tidak Seimbang 9 x 10.....	47
Tabel L. 3. 5 Kasus Seimbang 20 x 20.....	48
Tabel L. 3. 6 Kasus Tidak Seimbang 23 x 25.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Permasalahan Transportasi	6
Gambar 2. 2 Tampilan Modul <i>Software</i> TORA.....	11
Gambar 2. 3 Hasil Solusi Optimal Menggunakan <i>Software</i> TORA.....	23
Gambar 3. 1 Alur Kerja Penelitian	25
Gambar 4. 1 <i>Flowchart</i> Prosedur IZPM.....	27
Gambar 4. 2 <i>Flowchart</i> Prosedur RCWMCAM.....	28
Gambar 4. 3 Hasil Perbandingan Relative Error IZPM dan RCWMCAM	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Source Code</i> Program <i>Improved Zero Point Method</i> (IZPM).....	36
Lampiran 2. <i>Source Code</i> Program <i>Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method</i> (RCWMCAM)	42
Lampiran 3. <i>Source Code</i> Program <i>Membangkitkan Bilangan Acak</i>	45
Lampiran 4. <i>Matriks Tabel Transportasi</i>	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah transportasi merupakan salah bentuk khusus dari pemrograman linear yang berhubungan dengan pengalokasian barang dari beberapa sumber ke beberapa tujuan. Masalah tersebut timbul disebabkan karena biaya transportasi persatuan barang berbeda-beda dari setiap sumber ke beberapa tujuan (Astuti dkk., 2016). Apabila jumlah persediaan dari beberapa sumber sama dengan jumlah permintaan dari beberapa tujuan maka permasalahan tersebut merupakan masalah transportasi seimbang, namun apabila jumlah persediaan dari beberapa sumber tidak sama dengan jumlah permintaan dari beberapa tujuan maka permasalahan tersebut merupakan masalah transportasi tidak seimbang (Ahmed dkk., 2016).

Masalah transportasi dapat diselesaikan menggunakan metode transportasi melalui dua tahap. Tahap pertama yaitu menentukan solusi fisibel awal yang dapat dilakukan menggunakan beberapa metode seperti *Least Coast Method*, *North West Corner Method*, dan *Vogel's Approximation Method* (VAM). Tahap kedua, yaitu menentukan solusi optimal yang dapat dilakukan menggunakan metode *Stepping Stone* dan metode *Modified Distribution* (MODI) (Mathirajan dkk., 2021). Selain menggunakan kedua metode tersebut, solusi optimal juga dapat di peroleh dengan menggunakan berbagai *software* salah satunya adalah TORA (Taha, 2017).

Hasil dari solusi fisibel awal dapat sama atau mendekati solusi optimal (Kamalia dan Soelistyo, 2022). Semakin baik solusi fisibel awal yang diperoleh maka semakin baik metode yang digunakan, sehingga penting untuk menentukan solusi fisibel awal yang baik dan mendekati solusi optimal. Penerapan metode transportasi yang tepat tidak hanya mengurangi biaya transportasi, tetapi juga dapat memperlancar distribusi barang, memaksimalkan jarak dari sumber ke tujuan, menghemat waktu dan tenaga, serta meningkatkan efisiensi perusahaan (Padillah dkk., 2018).

Para peneliti telah mengusulkan berbagai metode baru untuk menentukan solusi fisibel awal pada masalah transportasi, seperti *Zero Point Method* (ZPM) (Pandian dan Natarajan, 2010), yang menitikberatkan pada permintaan dan

persediaan sel dengan biaya tereduksi nol yang bersangkutan (Septiana dkk., 2017). Kemudian, *Zero Point Method* (ZPM) dikembangkan menjadi *Improved Zero Point Method* (IZPM), langkah yang dikembangkan dari *Zero Point Method* (ZPM) yaitu mengganti syarat “kurang dari” menjadi “kurang dari atau sama dengan” yang terletak pada langkah tiga (Samuel, 2012). Selanjutnya, *Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method* (RCWMCAM) (Mathirajan dkk., 2021), yang menitikberatkan pada perhitungan baris dan kolom, biaya penalti dan biaya minimum (Kamila dan Soelistyo 2022). Metode-metode tersebut dapat diaplikasikan pada masalah transportasi baik masalah seimbang maupun masalah tidak seimbang.

Penelitian terkait metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah transportasi telah banyak dilakukan. Utami dkk., (2019) menggunakan *Improved Zero Point Method* (IZPM) untuk meminimalisasi biaya pendistribusian air sehingga dapat meningkatkan keuntungan PDAM Tirta Kepri. Kamila dan Soelistyo (2022), menggunakan *Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method* (RCWMCAM) untuk menyelesaikan masalah transportasi. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa solusi fisibel awal yang diperoleh sama dengan solusi optimal. Selanjutnya Amaliah dkk., (2022), menggunakan *software* TORA untuk memperoleh solusi optimal. Namun, hingga saat ini belum ada penelitian yang membandingkan kedua metode tersebut dalam menyelesaikan masalah transportasi serta menggunakan *software* TORA dalam memperoleh solusi optimal.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai *Improved Zero Point Method* (IZPM) dan *Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method* (RCWMCAM) dalam memperoleh solusi fisibel awal serta menggunakan *software* TORA untuk memperoleh solusi optimal. Penelitian ini selanjutnya akan dituangkan dalam tulisan skripsi dengan judul **“Perbandingan *Improved Zero Point Method* (IZPM) dan *Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method* (RCWMCAM) dalam Menyelesaikan Masalah Transportasi”**.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana perbandingan *Improved Zero Point Method* (IZPM) dan *Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method* (RCWMCAM) terhadap solusi optimal?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Matriks tabel transportasi yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari jurnal dan membangkitkan bilangan acak dengan kasus jumlah permintaan dan persediaan seimbang dan tidak seimbang.
2. Matriks tabel transportasi yang digunakan berukuran 3 x 5 (tidak seimbang), 5 x 5 (seimbang), 8 x 8 (seimbang), 9 x 10 (tidak seimbang), 20 x 20 (seimbang), dan 23 x 25 (tidak seimbang).
3. Menggunakan *software* TORA untuk memperoleh solusi optimal.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah memperoleh perbandingan *Improved Zero Point Method* (IZPM) dan *Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method* (RCWMCAM) terhadap solusi optimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai sarana untuk menambah pengetahuan dan wawasan dalam mengaplikasikan metode-metode yang telah diberikan di perkuliahan khususnya pada masalah transportasi. Serta dapat menjadi bahan referensi bagi pembaca yang tertarik untuk mengkaji masalah transportasi menggunakan *Improved Zero Point Method* (IZPM), *Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method* (RCWMCAM), dan penggunaan *software* TORA.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemrograman Linear

Pemrograman linear adalah suatu metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimalisasi suatu model linear dengan tujuan akhir yaitu menentukan nilai minimum atau maksimum dengan keterbatasan sumber daya yang tersedia (Utami dkk, 2019). Sebagian besar pemrograman linear digunakan untuk menyelesaikan masalah pada bidang industri, perbankan, pendidikan dan masalah-masalah pada bidang lainnya yang dapat dinyatakan dalam bentuk linear. Dalam menyelesaikan pemrograman linear diperlukan model matematika yang terdiri dari sebuah fungsi tujuan dan sistem persamaan linear (Hani dan Harahap, 2021).

Menurut Fikri dkk., (2021) secara umum terdapat tiga unsur utama dalam model program linear sebagai berikut.

- a) Variabel keputusan, yaitu variabel persoalan yang akan mempengaruhi nilai tujuan yang hendak dicapai.
- b) Fungsi tujuan, yaitu fungsi yang hendak dicapai dan harus diwujudkan ke dalam sebuah fungsi matematika linear. Selanjutnya fungsi ini dimaksimumkan atau diminimumkan terhadap kendala-kendala yang ada dan dinyatakan dengan (Z).
- c) Kendala fungsional, yaitu manajemen menghadapi berbagai kendala untuk mewujudkan tujuan-tujuannya.

Siregar dkk., (2020) dalam bukunya menjelaskan bentuk umum model program linear sebagai berikut.

Maksimumkan/minimumkan

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (2.1)$$

dengan batasan

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq, \geq, \text{ atau } = b_i \text{ untuk } i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.2)$$

$$x_j \geq 0 \quad \text{untuk } j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.3)$$

atau dapat dituliskan secara lengkap sebagai berikut:
maksimumkan/minimumkan fungsi tujuan

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (2.4)$$

dengan batasan

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq, \geq \text{ atau } = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq, \geq \text{ atau } = b_2 \\ &\dots \\ &\dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\leq, \geq \text{ atau } = b_m \\ x_1, x_2, x_3, \dots, x_n &\geq 0 \end{aligned}$$

keterangan:

Z = fungsi tujuan yang akan dicari nilai optimalnya (maksimum atau minimum)

c_j = parameter fungsi tujuan ke- j

x_j = variabel keputusan ke- j

a_{ij} = parameter fungsi kendala ke- i untuk variabel keputusan ke- j

b_i = kapasitas kendala ke- i

i = 1, 2, 3, ... m

j = 1, 2, 3, ... n .

2.2 Masalah Transportasi

Masalah transportasi merupakan bagian dari riset operasi yang berkaitan dengan pendistribusian barang dari suatu ke tempat lain dengan biaya seminimal mungkin (Padillah dkk., 2018). Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan metode transportasi (Jiantari dkk., 2022). Metode tersebut dirancang untuk mengoptimalkan variabel-variabel yang digunakan untuk memecahkan masalah transportasi, termasuk masalah pengiriman barang atau bahan baku dari beberapa sumber ke beberapa tujuan (Chandra, 2016).

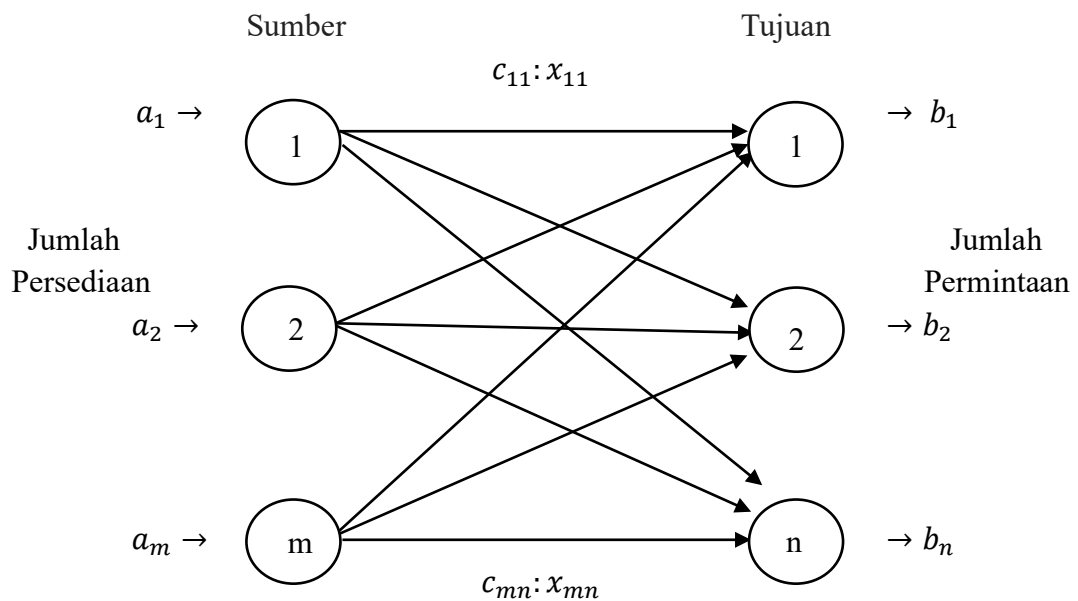
Menurut Raharjo dan Wulan (2017), terdapat beberapa karakteristik masalah transportasi sebagai berikut.

a) Terdapat beberapa sumber dan beberapa tujuan.

- b) Jumlah barang yang dikirim dari setiap sumber ke setiap tujuan, besarnya tertentu.
- c) Jumlah barang yang dikirim dari suatu sumber ke suatu tujuan harus sesuai dengan permintaan atau kapasitas sumber.
- d) Terdapat biaya distribusi persatuan barang yang digunakan.

2.2.1 Model Transportasi

Masalah transportasi dapat dimodelkan secara matematika dengan membentuk fungsi tujuan yang menunjukkan biaya transportasi total dari sumber ke tujuan. Model permasalahan transportasi dapat diilustrasikan sebagai berikut.



Gambar 2. 1 Ilustrasi Permasalahan Transportasi

Gambar 2.1 menunjukkan metode transportasi dari sebuah jaringan dengan m sebagai sumber dan n sebagai tujuan. Sumber dan tujuan diwakili dengan sebuah *node*, dan rute pengiriman barang dari sumber ke tujuan diwakili oleh busur. Jumlah barang yang tersedia pada sumber i sebanyak a_i dan permintaan pada tujuan j sebesar b_j . Biaya pengiriman per unit komoditas dari sumber i ke tujuan j adalah sebesar c_{ij} . Dengan demikian, model umum transportasi dengan total permintaan dan persediaan sebagai berikut (Siregar dan Mansyur, 2021).

Fungsi tujuan:
meminimumkan

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij} \tag{2.5}$$

dengan batasan

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \tag{2.6}$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \tag{2.7}$$

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

keterangan:

x_{ij} = jumlah satuan unit yang didistribusikan dari sumber i ke tujuan j

c_{ij} = biaya transportasi per unit dari sumber i ke tujuan j

a_i = jumlah hasil produksi yang tersedia di pusat persediaan i

b_j = jumlah hasil produksi yang diminta di tempat tujuan j .

Adapun tabel transportasi secara umum dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 Tabel Transportasi

Ke Dari		Tujuan						Persediaan
		1	2	...	j	...	n	
S u m b e r	1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1j}	...	x_{1n}	a_1
	2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2j}	...	x_{2n}	a_2

	i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{in}	a_i

	m	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mj}	...	x_{mn}	a_m
Permintaan	b_1	b_2	...	b_j	...	b_n	$\sum a_i = \sum b_j$	

Sumber: Rangkuti 2022

2.2.2 Jenis-Jenis Masalah Transportasi

Pada umumnya masalah transportasi terbagi menjadi dua jenis yaitu masalah seimbang dan masalah tidak seimbang.

a) Masalah Seimbang

Masalah transportasi dikatakan seimbang apabila jumlah persediaan dari beberapa sumber sama dengan jumlah permintaan dari beberapa tujuan (Ahmed dkk., 2016).

b) Masalah Tidak Seimbang

Masalah transportasi dikatakan tidak seimbang apabila jumlah persediaan dari beberapa sumber tidak sama dengan jumlah permintaan dari beberapa tujuan (Ahmed dkk., 2016). Dalam menyelesaikan masalah tersebut perlu dilakukan penambahan baris atau kolom *dummy* untuk menyeimbangkannya. Apabila persediaan lebih besar daripada permintaan maka perlu ditambahkan kolom *dummy* dengan permintaan sebesar $\sum a_i - \sum b_j$. Begitu pun sebaliknya apabila permintaan lebih besar daripada persediaan maka perlu ditambahkan baris *dummy* dengan persediaan sebesar $\sum b_j - \sum a_i$. *Dummy* pada tabel transportasi pada dasarnya adalah buatan (tidak *real*) sehingga biaya distribusinya adalah nol (Rangkuti, 2022).

2.3 Improved Zero Point Method (IZPM)

IZPM merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh solusi fisibel awal pada masalah transportasi. Dalam menyelesaikan masalah tersebut perlu diketahui jumlah sumber dan tujuan, kuantitas barang pada masing-masing persediaan dan permintaan, serta biaya transportasi yang dibutuhkan dari masing-masing sumber ke masing-masing tujuan. Adapun langkah-langkah IZPM adalah sebagai berikut (Samuel, 2012).

1. Membuat tabel transportasi dan menyeimbangkannya dengan menambahkan baris atau kolom *dummy* apabila belum seimbang.
2. Mengurangi setiap elemen baris dengan elemen terkecil pada baris tersebut, kemudian dari tabel pengurangan baris tersebut kurangi setiap elemen kolom dengan elemen terkecil pada kolom tersebut.

3. Memeriksa apakah setiap kolom permintaan kurang dari atau sama dengan jumlah baris-baris persediaan yang menyuplai kolom permintaan tersebut, di mana baris yang menyuplai adalah baris pada kolom tersebut yang biaya tereduksinya nol. Memeriksa apakah setiap baris persediaan kurang dari atau sama dengan jumlah kolom-kolom permintaan yang meminta persediaan, di mana kolom yang meminta persediaan adalah kolom pada baris tersebut yang biaya tereduksinya nol. Apabila syarat terpenuhi langsung menuju langkah 6.
4. Menutup semua elemen nol dengan garis mendatar dan tegak seminimal mungkin sehingga beberapa elemen dari kolom-kolom atau baris-baris yang tidak memenuhi syarat pada langkah 3 tidak tertutup.
5. Membentuk tabel transportasi perbaikan dengan cara sebagai berikut:
 - a) Menemukan nilai biaya tereduksi terkecil pada tabel yang tidak tertutup garis.
 - b) Mengurangkan nilai tersebut ke semua nilai elemen yang tidak tertutup garis dan menambahkan nilai tersebut ke semua elemen nilai yang tertutup oleh garis.
6. Memilih sel pada tabel transportasi yang memiliki biaya tereduksi terbesar dan dinamakan (i,j) . Jika terdapat lebih dari satu sel maka pilih salah satu.
7. Memilih sel pada baris i atau kolom j pada tabel transportasi yang memiliki biaya tereduksi terkecil dan mengalokasikan semaksimal mungkin pada sel tersebut sehingga memenuhi persediaan dan permintaan.
8. Membentuk tabel transportasi yang telah diperbaiki.
9. Mengulangi langkah 6 sampai 8 hingga baris permintaan dan kolom permintaan terpenuhi.

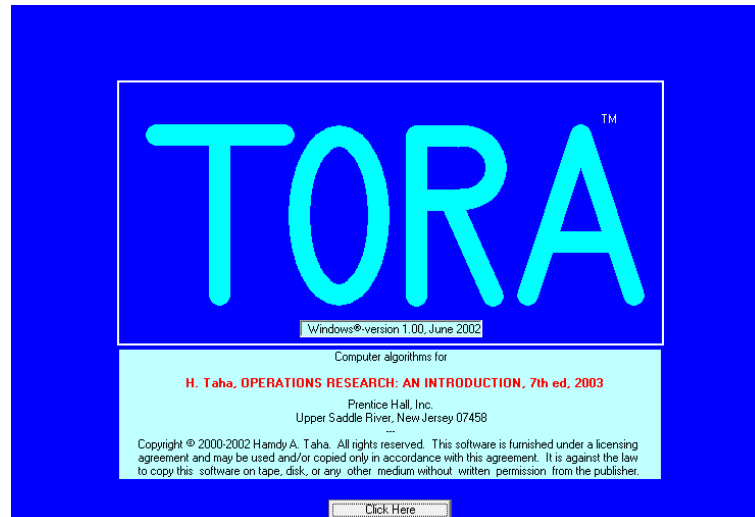
2.4 Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method (RCWMCAM)

RCWMCAM merupakan metode yang digunakan untuk menentukan solusi fisibel awal pada masalah transportasi. Dalam menyelesaikan masalah tersebut perlu diketahui jumlah sumber dan tujuan, kuantitas barang pada masing-masing persediaan dan permintaan, serta biaya transportasi yang dibutuhkan dari masing-masing sumber ke masing-masing tujuan. Adapun langkah-langkah RCWMCAM adalah sebagai berikut (Mathirajan dkk., 2021)

1. Membuat tabel transportasi dan menyeimbangkannya dengan menambahkan baris atau kolom *dummy* apabila belum seimbang.
2. Memilih *Minimum Cost* (MC) pada setiap baris dan kolom pada tabel transportasi.
3. Menentukan *Feasible Quantity* (FQ). FQ merupakan kemungkinan jumlah unit/barang yang dapat dialokasikan pada setiap baris dan kolom dengan mempertimbangkan permintaan dan persediaan berdasarkan *First Least Cost* (FLC) pada masing-masing baris dan kolom.
4. Menghitung *Minimum Cost Allocation* (MCA) pada setiap baris dan kolom dengan cara mengalikan MC dengan FQ.
5. Menghitung biaya penalti pada setiap baris dan kolom dengan cara mengurangi biaya terkecil kedua dengan biaya terkecil pertama pada baris dan kolom yang sama.
6. Menghitung *Weight Minimum Cost Allocation* (WMCA) pada setiap baris dan kolom dengan cara mengalikan biaya penalti dan MCA
7. Memilih baris atau kolom dengan nilai WMCA terbesar.
8. Mengalokasikan FQ dengan FLC pada baris atau kolom dengan nilai WMCA terbesar.
9. Mengulangi langkah 2 sampai langkah 8 hingga semua permintaan terpenuhi.

2.5 TORA

TORA (*Toolkit for Oracle*) merupakan *software* yang menyediakan algoritma atau perhitungan otomatis untuk berbagi modul, seperti masalah transportasi. TORA memiliki cara kerja seperti *software* pada umumnya dengan memilih modul yang ingin digunakan, memasukkan data dan informasi yang relevan, serta memberikan hasil perhitungan. Teori permainan, persamaan linear, program linear, sistem antrian, dan model jaringan kerja merupakan beberapa modul penelitian operasional yang tersedia dalam TORA (Darmian dkk., 2023). Adapun tampilan *software* TORA seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Tampilan Modul *Software* TORA

2.7 Contoh Kasus

Dalam suatu permasalahan transportasi terdapat tiga sumber, yaitu A, B, dan C yang masing-masing memiliki persediaan 700, 400, dan 600. Persediaan tersebut akan dikirim ke empat tujuan yaitu, P, Q, R dan S dengan permintaan 400, 450, 350, dan 500. Biaya transportasi diberikan pada tabel berikut (Jamali dkk., 2020).

Tabel 2. 2 Biaya Transportasi

Sumber	Tujuan			
	P	Q	R	S
A	4	6	8	6
B	3	5	2	5
C	3	9	6	5

Penyelesaian:

Berdasarkan contoh kasus di atas, maka dapat dibuat model transportasi sebagai berikut.

Meminimumkan

$$Z = 4x_{11} + 6x_{12} + 8x_{13} + 6x_{14} + 3x_{21} + 5x_{22} + 2x_{23} + 5x_{24} + 3x_{31} + 9x_{32} + 6x_{33} + 5x_{34}$$

dengan batasan:

persediaan:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 700$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{14} = 400$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 600$$

permintaan:

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 400$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 450$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 350$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} = 500$$

$$x_{ij} \geq 0 ; i = 1,2,3 \text{ dan } j = 1,2,3,4.$$

Contoh kasus di atas akan diselesaikan menggunakan IZPM dan RCWMCAM untuk memperoleh solusi fisibel awal, dan menggunakan *software* TORA untuk memperoleh solusi optimal.

2.7.1 Penyelesaian Solusi Fisibel Awal Menggunakan *Improved Zero Point Method* (IZPM)

Dalam menyelesaikan masalah transportasi menggunakan IZPM terdapat beberapa langkah di antaranya:

Langkah 1. Membuat tabel transportasi. Pada contoh kasus di atas masalah tersebut merupakan masalah transportasi seimbang dengan jumlah persediaan sama dengan jumlah permintaan. Tabel transportasi dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Tabel Transportasi Menggunakan IZPM

Sumber	Tujuan				Persediaan
	P	Q	R	S	
A	4	6	8	6	700
B	3	5	2	5	400
C	3	9	6	5	600
Permintaan	400	450	350	500	1700

Langkah 2. Mengurangi setiap elemen baris dengan elemen terkecil pada baris tersebut. Pada Tabel 2.3 elemen terkecil pada baris pertama adalah 4, elemen terkecil pada baris kedua adalah 2, dan elemen terkecil pada baris ketiga adalah 3. Elemen terkecil tersebut kemudian dikurangkan pada masing-masing baris sehingga menghasilkan tabel transportasi sebagai berikut.

Tabel 2. 4 Hasil Pengurangan Setiap Elemen Baris Menggunakan IZPM

Sumber	Tujuan				Persediaan
	P	Q	R	S	
A	0	2	4	2	700
B	1	3	0	3	400
C	0	6	3	2	600
Permintaan	400	450	350	500	1700

Selanjutnya dari tabel hasil pengurangan baris tersebut kurangi setiap elemen kolom dengan elemen terkecil pada kolom tersebut. Elemen terkecil pada kolom satu adalah 0, elemen terkecil pada kolom dua adalah 2, elemen terkecil pada kolom tiga adalah 0, dan elemen terkecil pada kolom empat adalah 2. Elemen tersebut kemudian dikurangkan pada masing-masing kolom sehingga diperoleh tabel hasil pengurangan setiap elemen kolom sebagai berikut.

Tabel 2. 5 Hasil Pengurangan Setiap Elemen Kolom Menggunakan IZPM

Sumber	Tujuan				Persediaan
	P	Q	R	S	
A	0	0	4	0	700
B	1	1	0	1	400
C	0	4	3	0	600
Permintaan	400	450	350	500	1700

Langkah 3. Berdasarkan Tabel 2.5, periksa apakah setiap kolom permintaan kurang dari atau sama dengan jumlah baris-baris persediaan yang menyuplai kolom permintaan tersebut, di mana baris yang menyuplai adalah baris pada kolom

tersebut yang biaya tereduksinya nol. Pada kolom 1 dengan jumlah permintaan sebesar 400, terdapat dua angka nol pada baris 1 dan baris 3 dengan masing-masing persediaan sebesar 700 dan 600. Sehingga diketahui bahwa jumlah permintaan pada kolom 1 kurang dari atau sama dengan jumlah persediaan pada baris 1 + baris 3, atau dapat ditulis $400 \leq 700 + 600$. Lakukan pemeriksaan yang sama untuk setiap kolom. Hasil pemeriksaan kolom dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 6 Hasil Periksa Kolom Iterasi 1 Menggunakan IZPM

Kolom	Hasil Periksa Kolom
1	$400 \leq 700 + 600$
2	$450 \leq 750$
3	$350 \leq 400$
4	$500 \leq 700 + 600$

Kemudian periksa apakah setiap baris persediaan kurang dari atau sama dengan jumlah kolom-kolom permintaan yang meminta persediaan, di mana kolom yang meminta persediaan adalah kolom pada baris tersebut yang biaya tereduksinya nol. Pada baris 1 dengan jumlah persediaan sebesar 700, terdapat tiga angka nol pada kolom 1, kolom 2, dan kolom 4 dengan masing-masing permintaan sebesar 400, 450, dan 500. Sehingga diketahui bahwa jumlah persediaan pada baris 1 kurang dari atau sama dengan jumlah permintaan pada kolom 1 + kolom 2 + kolom 4, atau dapat ditulis $700 \leq 400 + 450 + 500$. Lakukan pemeriksaan yang sama untuk setiap baris. Hasil pemeriksaan baris dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 7 Hasil Periksa Baris Iterasi 1 Menggunakan IZPM

Baris	Hasil Periksa Baris
1	$700 \leq 400 + 450 + 500$
2	$400 > 350$
3	$600 \leq 400 + 500$

Langkah 4. Menutup semua elemen nol dengan garis mendatar dan tegak seminimal mungkin sehingga beberapa elemen dari kolom-kolom atau baris-baris yang tidak memenuhi syarat pada langkah 3 tidak tertutup. Penutupan garis dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Menutup Semua Elemen Nol dengan Garis Mendatar dan Tegak

Sumber	Tujuan				Persediaan
	P	Q	R	S	
A	0	0	4	0	700
B	1	1	0	1	400
C	0	4	3	0	600
Permintaan	400	450	350	500	1700

Langkah 5. Menemukan nilai biaya tereduksi terkecil pada tabel yang tidak tertutup garis, kemudian mengurangkan nilai tersebut ke semua elemen yang tidak tertutup garis dan menambahkan nilai tersebut ke semua elemen yang tertutup oleh dua garis. Berdasarkan Tabel 2.8, biaya tereduksi terkecil pada tabel transportasi tersebut adalah 1 yang terletak pada sel (2,1), (2,2) dan (2,4), karena terdapat lebih dari satu sel maka pilih salah satu, pilih sel (2,1). Hasil pengurangan dan penjumlahan dengan biaya tereduksi terkecil dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2. 9 Tabel Transportasi Perbaikan

Sumber	Tujuan				Persediaan
	P	Q	R	S	
A	0	0	5	0	700
B	0	0	0	1	400
C	0	4	4	0	600
Permintaan	400	450	350	500	1700

Selanjutnya ulangi langkah 3 sampai 5 hingga syarat pada langkah 3 terpenuhi seperti pada tabel di bawah.

Tabel 2. 10 Hasil Akhir Periksa Kolom Iterasi 2 Menggunakan IZPM

Kolom	Hasil Periksa Kolom
1	$400 \leq 700 + 400 + 600$
2	$450 \leq 700 + 400$
3	$350 \leq 400$
4	$500 \leq 700 + 400 + 600$

Tabel 2. 11 Hasil Akhir Periksa Baris Iterasi 2 Menggunakan IZPM

Kolom	Hasil Periksa Baris
1	$700 \leq 400 + 450 + 500$
2	$400 \leq 400 + 450 + 350 + 500$
3	$600 \leq 400 + 500$

Karena syarat pada langkah 3 terpenuhi maka lanjut kelangkah 6.

Langkah 6. Memilih sel (1,3) dengan biaya tereduksi terbesar.

Tabel 2. 12 Pemilihan Sel dengan Biaya Tereduksi Terbesar Menggunakan IZPM

Sumber	Tujuan				Persediaan
	P	Q	R	S	
A	0	0	5	0	700
B	0	0	0	1	400
C	0	4	4	0	600
Permintaan	400	450	350	500	1700

Keterangan: ■ = biaya tereduksi terbesar

Langkah 7. Memilih sel (2,3) yang memiliki biaya tereduksi terkecil dan mengalokasikan permintaan atau persediaan yang memiliki jumlah terkecil. Karena jumlah permintaan lebih kecil maka alokasikan permintaan sebesar 350.

Tabel 2. 13 Pemilihan Sel Alokasi Menggunakan IZPM

Sumber	Tujuan				Persediaan
	P	Q	R	S	
A	0	0	5	0	700
B	0	0	0	1	400
C	0	4	4	0	600
Permintaan	400	450	350	500	1700

Keterangan: ■ = biaya tereduksi terbesar
■ = biaya tereduksi terkecil

Langkah 8. Berdasarkan Tabel 2.13 dibentuklah tabel transportasi yang telah diperbaiki sebagai berikut.

Tabel 2. 14 Alokasi Menggunakan IZPM

Sumber	Tujuan				Persediaan
	P	Q	R	S	
A	0	0	5	0	700
B	0	0	0	1	50
C	0	4	4	0	600
Permintaan	400	450	0	500	1700

Langkah 9. Mengulangi langkah 6 sampai 8 hingga baris persediaan dan kolom permintaan terpenuhi. Hasil perhitungan menggunakan IZPM dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2. 15 Hasil Akhir Menggunakan IZPM

Sumber	Tujuan				Persediaan
	P	Q	R	S	
A	4	6	8	6	700
B	3	5	2	5	400
	300	400	50	350	

C	100	3	9	6	5	600
Permintaan	400	450	350	500	1700	

Berdasarkan Tabel 2.15 dapat dihitung biaya total transportasi menggunakan persamaan (2.5) sebagai berikut:

$$Z = (4 \times 300) + (6 \times 600) + (5 \times 50) + (2 \times 350) + (3 \times 100) + (5 \times 500) = 7350$$

Sehingga diperoleh biaya transportasi menggunakan IZPM sebesar 7350.

2.7.2 Penyelesaian Solusi Fisibel Awal Menggunakan *Row Column Weighted Minimum Cost Allocation Method (RCWMCAM)*

Dalam menyelesaikan masalah transportasi menggunakan RCWMCAM terdapat beberapa langkah di antaranya:

Langkah 1. Membuat tabel transportasi. Pada contoh kasus di atas masalah tersebut merupakan masalah transportasi seimbang dengan jumlah persediaan sama dengan jumlah permintaan. Tabel transportasi dapat dilihat pada Tabel 2.16.

Tabel 2. 16 Tabel Transportasi Menggunakan RCWMCAM

Sumber	Tujuan				Persediaan
	P	Q	R	S	
A	4	6	8	6	700
B	3	5	2	5	400
C	3	9	6	5	600
Permintaan	400	450	350	500	1700

Langkah 2. Memilih *Minimum Cost (MC)* pada setiap baris dan kolom pada tabel transportasi. Hasil pemilihan MC dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 2. 17 Pemilihan *Minimum Cost (MC)* Pada Setiap Baris dan Kolom

Sumber	Tujuan				Persediaan	MC
	P	Q	R	S		
A	4	6	8	6	700	4

B	3	5	2	5	400	2
C	3	9	6	5	600	3
Permintaan	400	450	350	500		
MC	3	5	2	5		

Langkah 3. Menentukan *Feasible Quantity* (FQ). Dalam menentukan FQ bergantung pada MC, persediaan serta permintaan pada masing-masing baris dan kolom. Pada baris 1 nilai MC adalah 4 yang terletak pada sel (1,1), kemudian perhatikan persediaan dan permintaan pada baris 1 dan kolom 1, karena jumlah persediaan dan permintaan sama maka diperoleh FQ sebesar 400. Pada baris 2 nilai MC adalah 2 yang terletak pada sel (2,3), kemudian perhatikan persediaan pada baris 2 dan permintaan pada kolom 3. Pilih jumlah terkecil di antara persediaan dan permintaan tersebut sehingga diperoleh FQ sebesar 350. Pada baris 3 nilai MC adalah 3 yang terletak pada sel (3,1), kemudian perhatikan persediaan pada baris 3 dan permintaan pada kolom 1, sehingga diperoleh FQ sebesar 400. Selanjutnya lakukan hal yang sama untuk menentukan FQ pada kolom. FQ yang telah diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.18.

Tabel 2. 18 Nilai *Feasible Quantity* (FQ)

Sumber	Tujuan				Persediaan	MC	FQ
	P	Q	R	S			
A	4	6	8	6	700	4	400
B	3	5	2	5	400	2	350
C	3	9	6	5	600	3	400
Permintaan	400	450	350	500			
MC	3	5	2	5			
FQ	400	400	350	400			

Langkah 4. Menghitung *Minimum Cost Allocation* (MCA) pada setiap baris dan kolom dengan cara mengalikan MC dengan FQ. Hasil perkalian antara MC dan FQ dapat dilihat pada Tabel 2.19.

Tabel 2. 19 Nilai *Minimum Cost Allocation* (MCA)

Sumber	Tujuan				Persediaan	MC	FQ	MCA
	P	Q	R	S				
A	4	6	8	6	700	4	400	1600
B	3	5	2	5	400	2	350	700
C	3	9	6	5	600	3	400	1200
Permintaan	400	450	350	500				
MC	3	5	2	5				
FQ	400	400	350	400				
MCA	1200	2000	700	2000				

Langkah 5. Menghitung biaya penalti pada setiap baris dan kolom dengan cara mengurangi biaya terkecil kedua dengan biaya terkecil pertama pada baris dan kolom yang sama. Hasil perhitungan biaya penalti dapat dilihat pada Tabel 2.20.

Tabel 2. 20 Nilai Biaya Penalti

Sumber	Tujuan				Persediaan	MC	FQ	MCA	BP
	P	Q	R	S					
A	4	6	8	6	700	4	400	1600	2
B	3	5	2	5	400	2	350	700	1
C	3	9	6	5	600	3	400	1200	2
Permintaan	400	450	350	500					
MC	3	5	2	5					
FQ	400	400	350	400					
MCA	1200	2000	700	2000					
BP	1	1	4	1					

Langkah 6. Menghitung *Weight Minimum Cost Allocation* (WMCA) pada setiap baris dan kolom dengan cara mengalikan biaya penalti dan MCA. Hasil perhitungan WMCA dapat dilihat pada Tabel 2.21.

Tabel 2. 21 *Weight Minimum Cost Allocation (WMCA)*

Sumber	Tujuan				Persediaan	CM	FQ	MCA	BP	WM CA
	P	Q	R	S						
A	4	6	8	6	700	4	400	1600	2	3200
B	3	5	2	5	400	2	350	700	1	700
C	3	9	6	5	600	3	400	1200	2	2400
Permintaan	400	450	350	500						
MC	3	5	2	5						
FQ	400	400	350	400						
MCA	1200	2000	700	2000						
BP	1	1	4	1						
WMCA	1200	2000	2800	2000						

Langkah 7. Memilih baris atau kolom dengan nilai WMCA terbesar. Berdasarkan Tabel 2.21 nilai WMCA terbesar terletak pada baris 1 sebesar 3200.

Tabel 2. 22 Iterasi 1 Menggunakan RCWMCAM

Sumber	Tujuan				Persediaan	MC	FQ	MCA	BP	WM CA
	P	Q	R	S						
A	4	6	8	6	700	4	400	1600	2	3200
B	3	5	2	5	400	2	350	700	1	700
C	3	9	6	5	600	3	400	1200	2	2400
Permintaan	400	450	350	500						
MC	3	5	2	5						
FQ	400	400	350	400						
MCA	1200	2000	700	2000						
BP	1	1	4	1						
WMCA	1200	2000	2800	2000						

Langkah 8. Alokasikan FQ sebesar 400 berdasarkan nilai WMCA terbesar ke sel yang memiliki nilai *minimum cost*, dimana pada Tabel 2.22 *minimum cost* terletak pada sel (1,1). Hasil alokasi dapat dilihat pada Tabel 2.23.

Tabel 2. 23 Hasil Alokasi Menggunakan RCWMCAM

Sumber	Tujuan				Persediaan
	P	Q	R	S	
A	400				300
B					400
C					600
Permintaan	0	450	350	500	

Langkah 9: Mengulangi langkah 2 sampai 8 hingga semua permintaan terpenuhi. Hasil perhitungan menggunakan RCWMCAM dapat dilihat pada Tabel 2.24.

Tabel 2. 24 Hasil Akhir RCWMCAM

Sumber	Tujuan				Persediaan
	P	Q	R	S	
A	400	300			700
B				400	400
C		150	350	100	600
Permintaan	400	450	350	500	1700

Berdasarkan Tabel 2.24 dapat dihitung biaya total transportasi menggunakan persamaan (2.5) sebagai berikut:

$$Z = (4 \times 200) + (6 \times 300) + (5 \times 400) + (9 \times 150) + (6 \times 350) + (5 \times 100) \\ = 9350$$

Sehingga diperoleh biaya transportasi menggunakan RCWMCAM sebesar 9350.

2.7.3 Penyelesaian Solusi Optimal Menggunakan *Software* TORA

Setelah memperoleh solusi fisibel awal menggunakan kedua metode di atas, langkah selanjutnya adalah menemukan solusi optimal menggunakan *software* TORA.

TRANSPORTATION MODEL

TORA Optimization System, Windows®-version 1.00
Copyright © 2000-2022 Handy A. Taha. All Rights Reserved
Tuesday, January 30, 2024 0:19

TRANSPORTATION MODEL OUTPUT SUMMARY

Title: Tabel Transportasi
Final Iteration No.: 1
Objective Value (minimum cost) =7350,00

Next Iteration All Iterations Write to Printer

From	To	Amt Shipped	Obj Coeff	Obj Contrib
S1: A	D2: Q	450	6,00	2700,00
S1: A	D4: S	250	6,00	1500,00
S2: B	D1: P	50	3,00	150,00
S2: B	D3: R	350	2,00	700,00
S3: C	D1: P	350	3,00	1050,00
S3: C	D4: S	250	5,00	1250,00

Gambar 2. 3 Hasil Solusi Optimal Menggunakan *Software* TORA

Gambar 2.3 menunjukkan bahwa sumber A ke tujuan Q diberikan alokasi sebanyak 450 dengan biaya pengiriman sebesar 6 dan total biaya sebesar 2700, sumber A ke tujuan S diberikan alokasi sebanyak 250 dengan biaya pengiriman sebesar 6 dan total biaya sebesar 1500, sumber B ke tujuan P dialokasikan sebanyak 50 dengan biaya pengiriman sebesar 3 dan total biaya sebesar 150, sumber B ke tujuan R dialokasikan sebanyak 350 dengan biaya pengiriman sebesar 2 dan total biaya sebesar 700, sumber C ke tujuan P dialokasikan sebanyak 350 dengan biaya pengiriman sebesar 3 dan total biaya sebesar 1050, serta sumber C ke tujuan S dialokasikan sebanyak 250 dengan biaya sebesar 5 dengan total biaya sebesar 1250. Sehingga diperoleh biaya optimal atau yang sering disebut sebagai solusi optimal sebesar 7350.