

**PENERAPAN METODE *TOTAL OPPORTUNITY COST*
MATRIX – MINIMAL TOTAL DALAM MENENTUKAN
INITIAL BASIC FEASIBLE SOLUTION UNTUK
MENGOPTIMALKAN BIAYA DISTRIBUSI AIR
BERSIH DI KOTA MAKASSAR**

SKRIPSI



RUDY FACHRI MUSWAR

H11116504

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
JANUARI 2023**

**PENERAPAN METODE *TOTAL OPPORTUNITY COST*
MATRIX – MINIMAL TOTAL DALAM MENENTUKAN
INITIAL BASIC FEASIBLE SOLUTION UNTUK
MENGOPTIMALKAN BIAYA DISTRIBUSI AIR
BERSIH DI KOTA MAKASSAR**

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**

RUDY FACHRI MUSWAR

H111 16 504

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
JANUARI 2023**

LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN METODE *TOTAL OPPORTUNITY COST MATRIX – MINIMAL TOTAL* DALAM MENENTUKAN *INITIAL BASIC FEASIBLE SOLUTION* UNTUK MENGOPTIMALKAN BIAYA DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh
RUDY FACHRI MUSWAR

HH1116504

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal, 12 Januari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama,

Prof. Dr. Jeffry Kusuma, Ph.D.

Dr. Hendra, S.Si., M.Kom.

NIP. 196411121987031002

NIP. 197601022002121001

Ketua Program Studi,

Prof. Dr. Nurdin, S.Si., M.Si.

NIP. 197008072000031002



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rudy Fachri Muswar

NIM : H11116504

Program Studi : Matematika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**Penerapan Metode *Total Opportunity Cost Matrix* – *Minimal Total* dalam
Menentukan *Initial Basic Feasible Solution* untuk Mengoptimalkan Biaya
Distribusi Air Bersih di Kota Makassar**

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

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

Makassar, 12 Januari 2023

Yang menyatakan,

Rudy Fachri Muswar

NIM. H111 16 504

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah Rabbil Alamin ucapan syukur penulis terhadap kehadiran Allah *Subhanahu Wa ta'ala Rabb* semesta alam. Karena atas limpahan rahmat, hidayah, dan kasih sayang-Nya, penulis masih diberikan kesempatan dan kesehatan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam juga tak henti-hentinya tercurah kepada Baginda Rasulullah *Shallallahu Alaihi Wasallam*, sebagai tauladan dalam mengarungi bahtera kehidupan dunia dan telah membawa Al-Qur'an sebagai pedoman dunia dan akhirat. "*Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan*" (QS. Al-Insyirah: 5-6).

Hanya dengan taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul judul "**Penerapan Metode *Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total* dalam Menentukan *Initial Basic Feasible Solution* untuk Mengoptimalkan Biaya Distribusi Air Bersih di Kota Makassar**" yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk meraih gelar sarjana pada Program Studi Matematika Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin ini dapat dirampungkan. Dalam penulisan skripsi ini, penulis dengan segala keterbatasan, kemampuan, dan pengetahuan dapat melewati segala hambatan serta masalah berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus dan tak terhingga kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta, **Ir. Muhammad Sahrir, MM.** dan **Jawariah, SE.**, yang telah mendidik dan membesarkan penulis dengan penuh kesabaran bertabur cinta dan kasih sayang serta dengan penuh ketulusan hati dan kesungguhan dalam memberikan dukungan moril serta doanya yang tak ternilai harganya demi keberhasilan penulis selama menjalani proses Pendidikan, serta ucapan terima kasih kepada kedua adik tercinta, **Irza Fachrul Muswar** dan **Muhammad Arfin Muswar**. Tidak lupa pula penulis sampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.** selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin, M.Si** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, serta seluruh staf pegawai Fakultas MIPA Unhas.
3. Bapak **Prof. Dr. Nurdin, S.Si., M.Si**, selaku Ketua Departemen Matematika, dan segenap bapak/ibu dosen, serta staf Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, yang telah membekali ilmu dan bantuan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Matematika.
4. Bapak **Prof. Dr. Jeffry Kusuma, Ph.D.** selaku pembimbing utama sekaligus ketua penguji dan Bapak **Dr. Hendra, S.Si., M.Kom.** selaku pembimbing pertama sekaligus sekertaris penguji penulis, terimakasih atas kesediaan dan kesabarannya untuk membimbing dan menuntun penulis hingga menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak **Dr. Muhammad Zakir, M.Si.** selaku penasehat akademik sekaligus anggota tim penguji dan Bapak **Dr. Agustinus Ribal, S.Si., M.Sc.** selaku anggota tim penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, kritik, dan saran yang sangat membangun dalam penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh Keluarga Besar **Bijanna Ambe' Benggang** tanpa terkecuali, terima kasih atas segala curahan kasih sayang, dorongan doa, motivasi, bimbingan, dan semangat, sehingga menciptakan harmonisasi di lingkungan keluarga.
7. Teman – teman **ALGORITMA 2016**, terkhusus kepada **Wisnu, Zaitun, Ilyas, Aldi, Gunta, Suritman dan Baharuddin** terima kasih untuk semua kebersamaan dan ikatan persaudaraan yang telah terjalin dari mahasiswa baru sampai saat ini.
8. Teman – teman **MIPA 2016**, terkhusus kepada **Wandi, Wiwi, Ulla, Aso, Fila, Acci, Arief, Rully, Aril, Agung dan Iksan** serta seluruh **Pejantan MIPA 2016** yang telah kebersamai dan memberikan warna di setiap momen yang ada.

9. Teman – teman **Matematika 2016** terkhusus kepada **Indah, Wiwi, Vira, Afdal, Agung, Gufran, Feri, Diva, Murni** terima kasih untuk kebersamaan, dukungan dan waktunya saat berjuang sama-sama di dunia perkuliahan
10. Keluarga besar **Himatika FMIPA Unhas**, yang selalu memberikan cambukan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini, demi menjadi insan yang berilmu dan tentunya untuk menjaga nama baik lembaga, serta memberikan pengalaman berharga yang mungkin tidak bisa didapatkan ditempat lain.
11. Keluarga Besar **KM FMIPA Unhas**, terima kasih untuk semua pembelajaran dan pengalaman yang diberikan.

Makassar, 12 Januari 2023



(Rudy Fachri Muswar)

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

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

Nama : Rudy Fachri Muswar
NIM : H111 16 504
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 Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

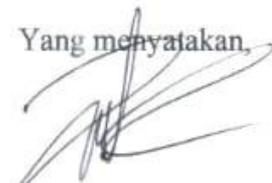
“Penerapan Metode *Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total* dalam Menentukan *Initial Basic Feasible Solution* untuk Mengoptimalkan Biaya Distribusi Air Bersih di Kota Makassar”

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal tersebut, maka pihak Universitas Hasanuddin 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 12 Januari 2023

Yang menyatakan,



(Rudy Fachri Muswar)

ABSTRAK

Metode Transportasi merupakan suatu metode yang digunakan untuk memecahkan masalah pendistribusian produk dari beberapa sumber ke tujuan dengan prinsip biaya yang paling minimum. Tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana menentukan solusi fisibel basis awal untuk mengoptimalkan biaya distribusi air bersih di Kota Makassar. Metode yang digunakan untuk mencari solusi fisibel basis awal adalah Metode *Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total* dan untuk menguji optimalitasnya menggunakan Metode Batu Loncatan. Hasil penelitian yang didapatkan untuk mencari solusi fisibel basis awal dengan Metode *Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total* yaitu sebesar Rp.253.856.890 dan untuk hasil optimalnya didapatkan dengan Metode Batu Loncatan yaitu sebesar Rp.244.981.380.

Kata Kunci: *Model Transportasi, Metode Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total dan Metode Batu Loncatan.*

ABSTRACT

Transportation Method is a method used to solve the problem of product distribution from several sources to destinations with the principle of the minimum cost. The purpose of this research is how to determine an initial basic feasible solution to optimize the cost of distribution clean water in Makassar City. The Method used to find an initial basic feasible solution is the Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total and to test optimality using the Stepping Stone Method. The results obtained for finding an initial basic feasible solution by Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total Method is Rp.253.856.890 and for optimal results obtained by the Stepping Stone Method is Rp. 244.981.380.

Keywords: Transportation Model, Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total Method and Stepping Stone Method.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian Riset Operasi	4
2.2 Program Linier.....	4
2.2.1 Model Program Linier.....	5
2.2.2 Asumsi Program Linier	6
2.3 Metode Transportasi.....	7
2.4 Metode <i>Total Opportunity Cost Matrix - Minimal Total</i> (TOCM-MT). 10	
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Jenis dan Sumber Data	13

3.2	Obyek Penelitian	13
3.3	Identifikasi Variabel	13
3.4	Metode Analisis Data	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		16
4.1	Hasil Penelitian.....	16
4.2	Menentukan Solusi Fisibel Basis Awal pada Biaya Distribusi Air Bersih Menggunakan Metode <i>Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total</i>	25
4.3	Pengujian Optimalitas Menggunakan Metode <i>Stepping Stone</i> (Batu Loncatan).....	65
BAB V.....		106
5.1	Kesimpulan.....	106
5.2	Saran	106
DAFTAR PUSTAKA		107
LAMPIRAN		109

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Transportasi.....	9
Tabel 4. 1 Kapasitas persediaan air bersih kelima Instalasi Pengolahan Air.....	20
Tabel 4. 2 Kapasitas permintaan air bersih setiap kecamatan di Kota Makassar .	20
Tabel 4. 3 Biaya Transportasi Air Bersih Dari Sumber Ke Tujuan (dalam rupiah).	22
Tabel 4. 4 Biaya Transportasi Air Bersih di Kota Makassar.	23
Tabel 4. 5 Tabulasi Biaya Transportasi.....	26
Tabel 4. 6 <i>Row Opportunity Matrix</i>	27
Tabel 4. 7 <i>Column Opportunity Matrix</i>	28
Tabel 4. 8 <i>Total Opportunity Cost Matrix</i>	29
Tabel 4. 9 Tabel Menentukan Penalti Baris	30
Tabel 4. 10 Tabel Iterasi I Menentukan Penalti Terbesar	31
Tabel 4. 11 Tabel Iterasi I Masalah Transportasi.....	33
Tabel 4. 12 Tabel Iterasi II Menentukan Penalti Terbesar.....	34
Tabel 4. 13 Tabel Iterasi II Masalah Transportasi	35
Tabel 4. 14 Tabel Iterasi III Menentukan Penalti Terbesar	36
Tabel 4. 15 Tabel Iterasi III Masalah Transportasi	37
Tabel 4. 16 Tabel Iterasi IV Menentukan Pinalti Terbesar	38
Tabel 4. 17 Tabel Iterasi IV Masalah Transportasi	39
Tabel 4. 18 Tabel Iterasi V Menentukan Pinalti Terbesar	40
Tabel 4. 19 Tabel Iterasi V Masalah Transportasi	41
Tabel 4. 20 Tabel Iterasi VI Menentukan Pinalti Terbesar	42
Tabel 4. 21 Tabel Iterasi VI Masalah Transportasi.....	43
Tabel 4. 22 Tabel Iterasi VII Menentukan Pinalti Terbesar.....	44
Tabel 4. 23 Tabel Iterasi VII Masalah Transportasi	45
Tabel 4. 24 Tabel Iterasi VIII Menentukan Pinalti Terbesar	46
Tabel 4. 25 Tabel Iterasi VIII Masalah Transportasi	47
Tabel 4. 26 Tabel Iterasi IX Menentukan Pinalti Terbesar.....	48
Tabel 4. 27 Tabel Iterasi IX Masalah Transportasi.....	49
Tabel 4. 28 Tabel Iterasi X Menentukan Penalti Terbesar.....	50
Tabel 4. 29 Tabel Iterasi X Masalah Transportasi	51

Tabel 4. 30 Tabel Iterasi XI Menentukan Penalti Terbesar	52
Tabel 4. 31 Tabel Iterasi XI Masalah Transportasi	53
Tabel 4. 32 Tabel Iterasi XII Menentukan Penalti Terbesar	54
Tabel 4. 33 Tabel Iterasi XII Masalah Transportasi	55
Tabel 4. 34 Tabel Iterasi XIII Menentukan Penalti Terbesar.....	56
Tabel 4. 35 Tabel Iterasi XIII Masalah Transportasi	57
Tabel 4. 36 Tabel Iterasi XIV Menentukan Penalti Terbesar	58
Tabel 4. 37 Tabel Iterasi XIV Masalah Transportasi.....	59
Tabel 4. 38 Tabel Iterasi XV Menentukan Penalti Terbesar.....	60
Tabel 4. 39 Tabel Iterasi XV Masalah Transportasi	61
Tabel 4. 40 Tabel Iterasi XVI Menentukan Penalti Terbesar	62
Tabel 4. 41 Tabel Iterasi XVI Masalah Transportasi.....	63
Tabel 4. 42 Tabel Solusi Fisibel Basis Awal Menggunakan Metode <i>Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total</i>	64
Tabel 4. 43 Tabel Transportasi Solusi Fisibel Basis Awal	67
Tabel 4. 44 Tabel Metode <i>Stepping Stone</i> Iterasi I.....	74
Tabel 4. 45 Tabel Solusi Optimal Dengan Metode <i>Stepping Stone</i> Iterasi I.....	75
Tabel 4. 46 Tabel Metode <i>Stepping Stone</i> Iterasi II.....	80
Tabel 4. 47 Tabel Solusi Optimal Menggunakan Metode <i>Stepping Stone</i> Iterasi II	81
Tabel 4. 48 Tabel Menggunakan Metode <i>Stepping Stone</i> Iterasi III.....	85
Tabel 4. 49 Tabel Solusi Optimal Menggunakan Metode <i>Stepping Stone</i> Iterasi III	86
Tabel 4. 50 Tabel Metode <i>Stepping Stone</i> Iterasi IV	90
Tabel 4. 51 Tabel Solusi Optimal Menggunakan Metode <i>Stepping Stone</i> Iterasi IV	91
Tabel 4. 52 Tabel Metode <i>Stepping Stone</i> Iterasi V.....	95
Tabel 4. 53 Tabel Solusi Optimal Menggunakan Metode <i>Stepping Stone</i> Iterasi V	96
Tabel 4. 54 Tabel Metode <i>Stepping Stone</i> Iterasi VI.....	100
Tabel 4. 55 Tabel Solusi Optimal Menggunakan Metode <i>Stepping Stone</i> Iterasi VI	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Model Transportasi dari sumber ke tujuan.....	7
Gambar 3. 1 Peta kelima Instalasi Pengolahan Air di Kota Makassar.....	14
Gambar 4. 1 Alur pendistribusian air bersih dengan menggunakan mobil tangki	18

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Distribusi dan transportasi merupakan hal yang penting dalam suatu perusahaan agar produk dapat dikirim sampai kepada konsumen tepat waktu, tepat pada tempat yang ditentukan dan produk dalam kondisi baik. Pendistribusian produk dari sumber ke beberapa tujuan merupakan suatu permasalahan yang kompleks, karena dengan adanya beberapa tempat tujuan pengiriman produk akan menimbulkan beberapa jalur distribusi dengan jarak dan waktu tempuh yang panjang, sehingga dapat menyebabkan pemborosan pada biaya transportasi. Perencanaan sistem distribusi yang buruk dapat mengakibatkan penurunan kepuasan pelanggan sehingga menghilangkan kepercayaan pelanggan (Ikfan & Masudin, 2013).

Air bersih yang merupakan kebutuhan utama sehari-hari masyarakat semakin sulit didapatkan terutama di kota – kota besar akibat pencemaran lingkungan. Kebutuhan akan air bersih yang terus bertambah, sedangkan air bersih yang tersedia semakin berkurang. Maka dari itu, perlu adanya badan usaha yang mengelola kebutuhan masyarakat akan air bersih dengan mempertimbangkan prinsip ekonomi, yaitu dengan pengeluaran yang minimal dapat menghasilkan kinerja maksimal, dalam hal ini memenuhi kebutuhan pelanggan akan air bersih (Nelwan dkk., 2013).

Proses distribusi air bersih berawal dari pengambilan air baku dari sungai, danau atau waduk melalui proses *intake* yang kemudian dialirkan ke instalasi pengolahan air untuk diolah menjadi air bersih, selanjutnya hasil dari pengolahan tersebut disimpan di *reservoir*. Air bersih yang tersimpan di *reservoir* tersebut kemudian didistribusikan ke masing – masing pelanggan yang membutuhkan air bersih menggunakan mobil tangki. Sistem pendistribusian tersebut perlu diatur secara sistematis dan perlu dilakukan optimalisasi distribusi dari sumber sampai ke tujuannya sekaligus mengetahui keefektifan sistem distribusi tersebut.

Pengoptimalan pendistribusian air bersih dapat dilakukan dengan meminimalkan pengeluaran pada biaya transportasi. Metode untuk mengoptimalkan biaya transportasi adalah dengan menggunakan metode

transportasi. Beberapa metode transportasi yang biasa digunakan untuk mencari solusi fisibel basis awal dalam penyelesaiannya yaitu Metode Sudut Barat Laut (*Northwest Corner Method*), Metode pendekatan Vogel (*Vogel Approximation Method*), Metode Least Cost dan untuk pemeriksaan optimalitas menggunakan metode Batu Loncatan (*Stepping Stone*) atau Metode *Modified Distribution* (MODI) (Kanthi & Kristanto, 2020).

Metode yang digunakan dalam skripsi ini adalah metode *Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total* (TOCM-MT). Metode TOCM-MT ini digunakan untuk menentukan solusi fisibel basis awal sebagai solusi dasar untuk menyelesaikan suatu masalah transportasi. Tujuan mencari solusi fisibel awal adalah untuk mencapai total biaya dengan nilai yang sama atau mendekati solusi optimal (Amaliah dkk., 2019), kemudian untuk pemeriksaan optimalitasnya menggunakan Metode *Stepping Stone*. Berdasarkan latar belakang tersebut maka akan dilakukan penelitian dengan judul **“Penerapan Metode *Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total* Dalam Menentukan *Initial Basic Feasible Solution* Untuk Mengoptimalkan Biaya Distribusi Air Bersih Di Kota Makassar”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah yang akan diteliti yaitu,

1. Bagaimana menentukan solusi fisibel basis awal pada biaya pendistribusian air bersih dengan mobil tangki menggunakan metode *Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total* di kota Makassar?
2. Bagaimana menentukan solusi optimal pada biaya pendistribusian air bersih dengan mobil tangki dari solusi fisibel basis awal menggunakan metode *Stepping Stone* (Batu Loncatan) di Kota Makassar?

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan untuk menentukan solusi fisibel basis awal dalam penelitian ini adalah Metode *Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total*.
2. Pengujian optimalitas menggunakan metode *Stepping Stone*.

3. Data yang digunakan adalah data simulasi pendistribusian air bersih dengan mobil tangki di Kota Makassar.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dengan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah

1. Menentukan solusi fisbel basis awal pada biaya pendistribusian air bersih dengan mobil tangki menggunakan metode *Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total*.
2. Menentukan solusi optimal pada biaya pendistribusian air bersih dengan mobil tangki menggunakan metode *Stepping Stone* (Batu Loncatan).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis:
 - a. Sebagai sarana untuk menambah pengetahuan dan wawasan dalam penerapan teori-teori yang sudah diperoleh dalam perkuliahan.
 - b. Dapat mengaplikasikan teori tentang optimalisasi dengan metode *Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total*.
2. Bagi perusahaan:
 - a. Memberikan keuntungan yang maksimal bagi perusahaan.
 - b. Dapat dijadikan alat bantu untuk mengoptimalkan biaya transportasi sehingga dapat menghemat biaya.
3. Bagi pembaca:
 - a. Menambah pemahaman tentang penerapan metode *Total Opportunity Cost Matrix – Minimal Total*.
 - b. Sebagai bahan referensi dalam kajian model transportasi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Riset Operasi

Secara umum pengertian *research* (riset) dapat diartikan sebagai suatu proses yang terorganisasi dalam mencari kebenaran akan masalah. Sedangkan kata *operations* (operasi) didefinisikan sebagai tindakan-tindakan yang diterapkan pada beberapa masalah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Riset Operasi berkenaan dengan pengambilan keputusan optimal dalam penyusunan model dari sistem-sistem baik deterministik maupun probabilistik yang berasal dari kehidupan nyata (Meflinda & Mahyarni, 2011).

Riset operasi, yaitu bagaimana cara menggunakan sumber daya untuk mengoptimalkan hasil. Mengoptimalkan hasil dapat berarti meminimumkan sesuatu yang dikeluarkan atau memaksimumkan sesuatu yang menguntungkan. Beberapa contoh kasus sehari-hari yang berhubungan dengan riset operasi antara lain, cara mengatur jalur darat yang bisa dilalui dari sumber ke tujuan, sehingga mendapatkan hasil optimal dari segi jarak, segi biaya dan segi waktu (Siang, 2014).

2.2 Program Linier

Program linier adalah sebuah alat pengambilan keputusan baik dari perspektif formulasi maupun pemecahan masalah yang dihadapi dengan membuat rencana kegiatan untuk mencapai hasil yang optimal. Optimal artinya mendapat nilai maksimum (keuntungan, jumlah produk dan lainnya) atau minimasi (biaya, tenaga kerja dan lainnya). Dalam pemrograman linier dikenal dua macam fungsi yaitu:

- a. Fungsi tujuan, yaitu menggambarkan apa yang ingin dicapai perusahaan dengan menggunakan sumber daya yang ada, fungsi tujuan digambarkan dalam bentuk maksimasi, misalnya untuk laba, penerimaan, produksi dan lain lain atau minimasi, misalnya untuk biaya biasanya dinyatakan dalam notasi Z .
- b. Fungsi kendala, yaitu menggambarkan kendala-kendala yang dihadapi perusahaan untuk mencapai tujuan, misalnya mesin, tenaga kerja dan lain lain. Untuk kasus program linier kendala yang dihadapi berjumlah lebih dari satu kendala (Maswarni dkk., 2019).

- 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 keluaran kegiatan j
 b_i = Kapasitas sumber i yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan

Secara umum untuk model program linear dapat dirangkaikan sebagai berikut:

- a. Fungsi yang akan dicari nilai optimalnya (Z) disebut fungsi tujuan (*objective function*) dapat berupa maksimal atau minimal.
- b. Fungsi yang mempengaruhi persoalan terhadap fungsi tujuan akan dicapai disebut dengan fungsi Batasan atau kendala (*counstrains function*) yang merupakan ketidaksamaan dan persamaan.
- c. Variabel yang mempengaruhi persoalan dalam pengambilan keputusan disebut variabel keputusan (*decision variables*) yang bernilai *non-negatif* (Rangkuti, 2013).

2.2.2 Asumsi Program Linier

Terdapat lima asumsi program linear, yaitu sebagai berikut:

1. Linearitas, yakni 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.
3. Aditivitas, yakni nilai fungsi tujuan untuk tiap kegiatan tidak saling memengaruhi dan dalam pemrograman linear dianggap bahwa kenaikan kegiatan dapat ditambahkan tanpa mempengaruhi bagian dari kegiatan lain.
4. Deterministik yang dalam hal ini menyatakan bahwa setiap parameter yang ada dalam pemrograman linear (a_{ij}, b_i, c_{ij}) dapat ditentukan dengan pasti, meskipun jarang dengan tepat.
5. Divisibilitas, yakni menyatakan bahwa keluaran (output) yang dihasilkan oleh setiap kegiatan dapat berupa bilangan pecahan. Demikian pula nilai Z yang

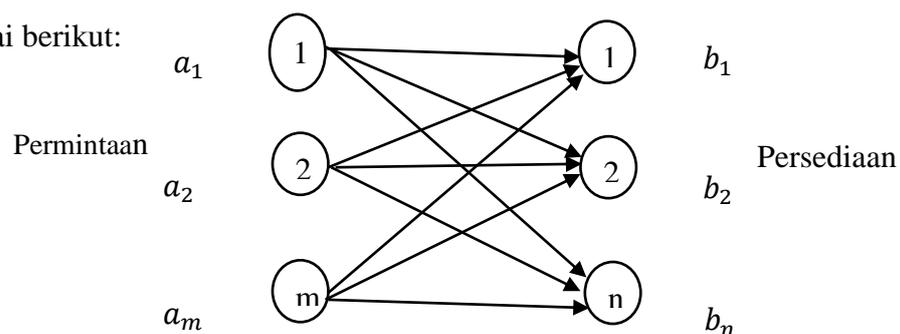
dihasilkan, dalam memformulasikan suatu masalah nyata ke dalam pemrograman linear, maka diperlukan langkah sebagai berikut:

- Memahami permasalahan
- Mengidentifikasi variabel-variabel keputusan
- Menyatakan fungsi tujuan sebagai kombinasi linear dari variabel keputusan
- Menyatakan kendala struktural sebagai kombinasi linear dari variabel keputusan
- Menyatakan kendala non-negatif dari variabel keputusan (Rangkuti, 2013).

2.3 Metode Transportasi

Metode Transportasi merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah pengiriman produk dari beberapa sumber ke beberapa tujuan dengan prinsip biaya yang paling minimum. Masing-masing sumber mempunyai kapasitas pengiriman tertentu, sedangkan masing-masing tempat tujuan memiliki batasan-batasan permintaan (*demand*) tertentu pula (Syarifuddin, 2011).

Tujuan dari masalah transportasi adalah untuk mencapai biaya minimal sebagai solusi optimal. Ada dua langkah untuk mendapat solusi dari masalah transportasi yang optimal. Langkah pertama menemukan solusi fisibel basis awal dan yang kedua adalah menemukan solusi optimal dari solusi fisibel basis awal. Menentukan solusi fisibel basis awal sangat berpengaruh dalam mendapatkan solusi yang optimal, karena hasil dari solusi fisibel basis awal yang baik akan mengurangi jumlah iterasi dalam mendapatkan solusi optimal (Amaliah dkk., 2019). Menurut (Taha, 2017) model transportasi dapat digambarkan pada gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Model Transportasi dari sumber ke tujuan

Berdasarkan Gambar 2.1 bahwa skema persoalan di atas dengan m yaitu sumber persediaan dan n yaitu tujuan permintaan. Dengan menghubungkan tali busur antara sumber dan tujuan sebagai jalur permintaan barang. Kuantitas persediaan disimbolkan dengan a_i dan kuantitas permintaan disimbolkan dengan b_j . Koefisien C_{ij} yaitu biaya transportasi per unit dari sumber i ke tujuan j dan X_{ij} yaitu kuantitas barang yang dikirim dari sumber i ke tujuan j .

Secara matematis permasalahan transportasi dapat dimodelkan sebagai berikut:

Fungsi tujuan:

Meminimalkan

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (2.6)$$

Dengan batasan :

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \text{ untuk } i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.7)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \text{ untuk } j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.8)$$

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

Persamaan (2.7) menetapkan bahwa jumlah pengiriman dari sebuah sumber tidak dapat melebihi persediaannya. Demikian pula persamaan (2.8) mengharuskan bahwa jumlah pengiriman ke sebuah tujuan tidak dapat melebihi permintaannya. Jadi, batasan tersebut menyiratkan bahwa persediaan total sama dengan permintaan total. Tujuannya adalah menentukan jumlah yang harus dikirim dari setiap sumber ke setiap tujuan sedemikian rupa, sehingga biaya operasional total dapat diminimalkan (Rangkuti, 2013).

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

Berikut keadaan yang menggambarkan kegiatan pengiriman barang dari setiap sumber (a_i) ke setiap tujuan (b_j). Dalam tabel transportasi terdapat $m \times n$ kotak. Biaya transportasi per unit barang c_{ij} dicatat pada kotak kecil dibagian kanan atas setiap kotak. Permintaan atau *demand* (D) dari setiap tujuan terdapat

pada baris paling bawah, sementara persediaan atau *supply* (S) dari sumber terdapat pada kolom paling kanan. Variabel x_{ij} pada setiap kotak menunjukkan jumlah barang yang diangkut dari sumber i ke tujuan j . Bentuk umum dari tabel dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1 Tabel Transportasi

Ke Dari		Tujuan						Supply
		1	2	...	j	...	N	
	1	C_{11} X_{11}	C_{12}		C_{1j}		C_{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_n
<i>Demand</i>		b_1	b_2		b_j		b_n	$\sum a_i$ $= \sum b_j$

Sumber: (Rangkuti, 2013)

Keterangan:

C_{ij} = biaya transportasi per unit/produk barang dari sumber i ke tujuan j

X_{ij} = jumlah produk yang didistribusikan dari sumber i ke tujuan j

a_i = jumlah produk yang disediakan atau kapasitas dari sumber i

b_j = jumlah produk yang diminta oleh tujuan j

m = banyaknya sumber

n = banyaknya tujuan

Selanjutnya akan ditunjukkan Metode *Total Opportunity Cost matrix – Minimal total*.

2.4 Metode *Total Opportunity Cost Matrix - Minimal Total* (TOCM-MT)

Menurut (Amaliah dkk., 2019) Metode TOCM-MT adalah pengintegrasian *Total Opportunity Cost* (TOCM) dan *Modified Total Differences Method 1* yang bertujuan untuk menentukan solusi fisibel basis awal dari masalah transportasi. Ada tiga perbedaan antara Metode TOCM-MT dan *Total Differences Method 1* (TDM1), yaitu:

1. TOCM-MT menggunakan matriks TOCM sebagai matriks awal sedangkan TDM1 matriks asli.
2. TOCM-MT memiliki aturan untuk memilih penalti tertinggi, sedangkan TDM1 tidak.
3. TOCM-MT memeriksa biaya terkecil sebelum mengalokasikan X_{ij} yang memungkinkan, sedangkan TDM1 langsung mengalokasikannya ke biaya terkecil. Langkah-langkah Metode TOCM-MT adalah sebagai berikut:

Langkah 1: Membentuk tabel masalah transportasi. Jika masalah transportasi tidak seimbang, maka ditambahkan baris atau kolom *dummy* agar masalah transportasi menjadi seimbang.

Langkah 2: Membentuk tabel *row opportunity matrix* dari masalah transportasi dengan menentukan biaya paling kecil dari setiap baris lalu mengurangi setiap biaya dalam baris dengan biaya paling kecil.

Langkah 3: Membentuk tabel *column opportunity matrix* dari masalah transportasi dengan menentukan biaya paling kecil dari setiap kolom, lalu mengurangi setiap biaya dalam kolom dengan biaya paling kecil.

Langkah 4: Membentuk tabel *total opportunity cost matrix* dengan menjumlahkan setiap biaya dari *row opportunity matrix* dan *column opportunity matrix*.

Langkah 5: Menentukan penalti untuk setiap baris dengan penalti merupakan selisih total antara biaya termurah dengan biaya lainnya.

Langkah 6: Menentukan penalti terbesar (*HP*). Jika *HP* sama, maka ditentukan dengan urutan berikut: (i) Pilih *HP* dengan C_{ij} terkecil, (ii) Jika pada kasus (i) masih sama, maka dipilih penalti dengan total jumlah biaya terbesar, (iii) Jika pada kasus (ii) masih sama, maka dipilih penalti dengan alokasi X_{ij} terbesar.

Langkah 7: Menentukan biaya terkecil (LC) dari penalti terbesar (HP). Jika LC sama, maka dipilih LC dengan alokasi X_{ij} terbesar.

Langkah 8: Periksa nilai biaya terkecil (LC), jika $LC \neq 0$, maka lanjutkan ke Langkah 9. Jika $LC = 0$, maka tentukan penalti terbesar (HP) dari penalti terbesar pertama (HP_1) atau penalti terbesar kedua (HP_2) dengan membandingkan setiap biaya pada HP_1 dan setiap biaya pada HP_2 . C_{1j} adalah biaya di HP_1 dan C_{2j} adalah biaya di HP_2 . Nilai dari GV_{1j} adalah 1 jika biaya di HP_1 lebih besar dari biaya HP_2 dan 0 jika biaya di HP_1 lebih kecil dari biaya HP_2 . Nilai dari GV_{2j} adalah 1 jika biaya di HP_1 lebih kecil dari biaya di HP_2 dan 0 jika biaya di HP_1 lebih besar dari biaya di HP_2 . $TotalGV_{1j}$ adalah jumlah dari GV_{1j} seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.9) dan $TotalGV_{2j}$ adalah jumlah dari GV_{2j} seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.10). HP adalah HP_1 jika $TotalGV_{1j}$ lebih besar dari $TotalGV_{2j}$ dan HP adalah HP_2 jika $TotalGV_{1j}$ lebih kecil dari $TotalGV_{2j}$ seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.13).

$$TotalGV_{1j} = \sum_{j=1}^n GV_{1j} \quad (2.9)$$

$$TotalGV_{2j} = \sum_{j=1}^n GV_{2j} \quad (2.10)$$

Dengan

$$GV_{1j} = \begin{cases} 1 & \text{jika } C_{1j} \geq C_{2j}, j = 1, 2, \dots, n \\ 0 & \text{jika } C_{1j} < C_{2j}, j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (2.11)$$

$$GV_{2j} = \begin{cases} 1 & \text{jika } C_{1j} < C_{2j}, j = 1, 2, \dots, n \\ 0 & \text{jika } C_{1j} \geq C_{2j}, j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (2.12)$$

Dengan

$$Hp = \begin{cases} HP_1 & \text{jika } TotalGV_{1j} \geq TotalGV_{2j} \\ HP_2 & \text{jika } TotalGV_{1j} < TotalGV_{2j} \end{cases} \quad (2.13)$$

Langkah 9: Mengalokasikan X_{ij} terbesar yang memungkinkan ke biaya termurah dari penalti terbesar.

Langkah 10: Menyesuaikan persediaan dan permintaan, kemudian menghapus baris atau kolom yang sudah terpenuhi.

Langkah 11: Menghitung kembali penalti dengan tidak memasukkan baris dan kolom yang sudah terpenuhi.

Langkah 12: Mengulangi langkah 6 - langkah 11 hingga semua baris dan kolom terpenuhi.

Langkah 13: Hitung total biaya transportasi.