



MEMINIMALKAN BIAYA TRANSPORTASI MENGGUNAKAN *VOGEL'S APPROXIMATION METHOD (VAM)* DAN METODE BILQIS CHASTINE ERMA (BCE)

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Matematika

oleh:

ROY PATURONY A
11950411512



FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2026

LEMBAR PERSETUJUAN

UIN SUSKA RIAU



MEMINIMALKAN BIAYA TRANSPORTASI MENGGUNAKAN VOGEL'S APPROXIMATION METHOD (VAM) DAN METODE BILQIS CHASTINE ERMA (BCE)

TUGAS AKHIR

oleh:

ROY PATURONY A

11950411512

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan tugas akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 09 Januari 2026

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Ketua Program Studi

Wartono, M.Sc.

NIP. 19730818 200604 1 003

Pembimbing

Sri Basriati, M.Sc.

NIP. 19790216 200710 2 001



LEMBAR PENGESAHAN

MEMINIMALKAN BIAYA TRANSPORTASI MENGGUNAKAN VOGEL'S APPROXIMATION METHOD (VAM) DAN METODE BILQIS CHASTINE ERMA (BCE)

TUGAS AKHIR

oleh:

ROY PATURONY A
11950411512

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 09 Januari 2026

Pekanbaru, 16 Januari 2026
Mengesahkan

Ketua Program Studi

Wartono, M.Sc.
NIP. 19730818 200604 1 003

Dr. Yuslenita Muda, S.Si, M.Sc.
NIP. 19770103 200710 2 001

DEWAN PENGUJI

Ketua : Ari Pani Desvina, M.Sc.
Sekretaris : Sri Basriati, M.Sc.
Anggota I : Mohammad Soleh, M.Sc.
Anggota II : Elfira Safitri, M.Mat.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

: Roy Paturony A
 : 11950411512
 : Pekanbaru, 15 Desember 2000
 : Sains dan Teknologi
 : Matematika
 : Meminimalkan Biaya Transportasi Menggunakan *Vogel's Approximation Method* (VAM) dan Metode Bilqis Chastine Erma (BCE)

1. Dilarang menyalin atau menjiplak seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
2. Dilarang mengutip atau menjiplak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

Penulisan Skripsi dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.

Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.

Oleh karena itu Skripsi saya ini, saya menyatakan bebas dari plagiat.

Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikianlah Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 09 Januari 2026

Yang membuat pernyataan



ROY PATURONYA
 11950411512



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

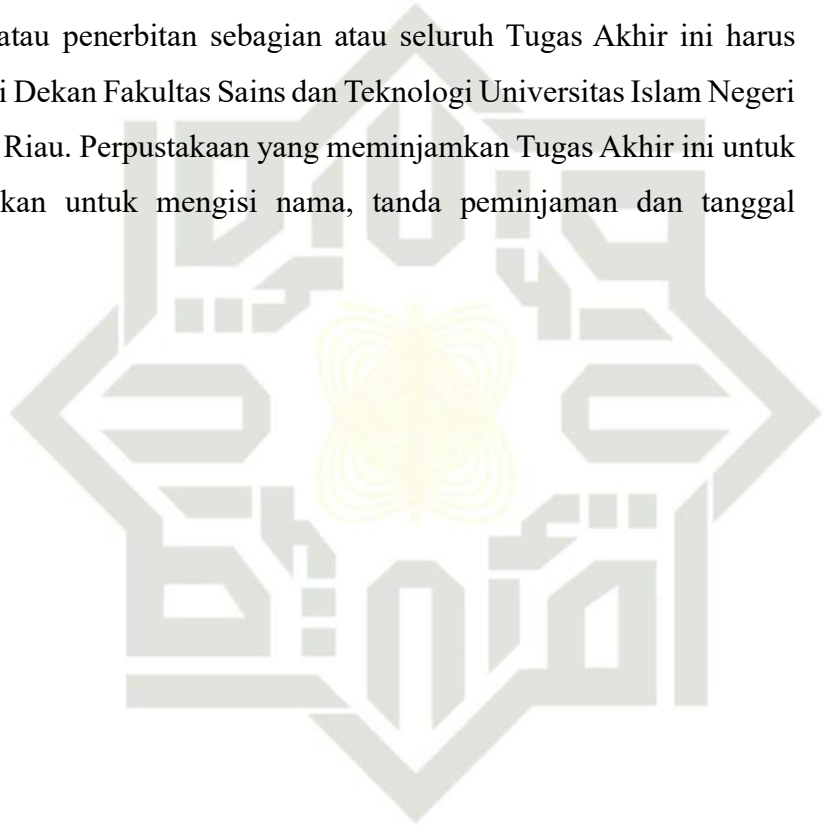
Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan tidak perlu dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan izin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggunaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk penelitiannya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



UIN SUSKA RIAU



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 09 Januari 2026

Yang membuat pernyataan,

ROY PATURONY A
11950411512

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Mengutipnya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



LEMBAR PERSEMPAHASAN

"Allah tidak akan membebani seseorang, melainkan sesuai dengan kesanggupannya"

(Q. S Al-Baqarah. 286)

Alhamdulillahilahirabbil'alamin

Segala puji atas nikmat iman, nikmat islam dan kesempatan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini yang telah diberikan oleh Allah SWT. Shalawat dan salam diarahkan untuk suri tauladan terbaik sepanjang zaman yang begitu mencintai umatnya yakni Nabi Muhammad SAW.

Karya sederhana ini kupersembahkan untuk orang-orang yang ku sayangi.

*** Ayah dan Ibu ***

Mungkin ucapan terima kasihku tak cukup untuk membalas semua kasih sayangmu kepadaku, namun yang itu yang dapat aku lanturkan untuk membalas semua pengorbanan dan doa tulusku panjatkan kepada Allah untuk orangtuaku, senantiasa Allah selalu memberikan kesehatan dan kebahagiaan dunia akhirat.

Allahumma aamiin.

*** Kakak & Adik - adikku ***

Terimakasih untuk kakak-kakakku yang selalu menyemangatkan untuk menyelesaikan kuliahku dan senantiasa mengingatkanku baik itu tentang urusan dunia maupun akhiratku. Terimakasih telah memotivasiku untuk menjadi lebih baik, dan terimakasih untuk adikku yang telah menjadi penyemangatkku sehingga aku bisa menyelesaikan kuliah ku. Semoga kelak kita bertima bisa menjadi kebahagiaan orangtua dan mengembalikan citra keluarga jauh lebih baik dari sebelumnya.

*** Dosen Pembimbingku ***

Terima kasih kuucapkan kepada Ibu Sri Basriati, M. Sc selaku pembimbing Tugas Akhir ku yang tidak bosan-bosannya membimbing, memberikan motivasi, meluangkan waktu dan memberikan ilmu kepadaku.

*** Adikku Tersayang ***

Terimakasih untuk adikku yang telah menjadi penyemangatkku dikala suka maupun duka. Semoga kita sama-sama menjadi orang yang sukses.

**** Seluruh Dosen Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi ****

~ Roy Daturony A ~

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta dilindungi undang-undang UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



MEMINIMALKAN BIAYA TRANSPORTASI MENGGUNAKAN *VOGEL'S APPROXIMATION METHOD (VAM)* DAN METODE BILQIS CHASTINE ERMA (BCE)

ROY PATURONY A
NIM: 11950411512

Tanggal Sidang : 09 Januari 2026
Tanggal Wisuda :

Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Masalah transportasi merupakan bentuk khusus program linier yang bertujuan untuk meminimalkan biaya distribusi dari beberapa sumber ke berbagai tujuan. Distribusi barang yang tidak efisien dapat meningkatkan biaya transportasi dan merugikan pelaku usaha. sehingga untuk menyelesaikan permasalahan tersebut perlu sebuah metode khusus yang dikenal sebagai metode transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan biaya transportasi pendistribusian pupuk pada Toko Ma 77 dengan menggunakan *Vogel's Approximation Method (VAM)* dan Metode Bilqis Chastine Erma (BCE) dengan uji optimalisasi menggunakan Metode *Stepping Stone*. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diambil dari penelitian terdahulu. Berdasarkan hasil penyelesaian dari data tersebut menunjukkan bahwa kedua metode menghasilkan biaya minimum yang sama dengan uji optimalisasinya yaitu sebesar Rp 8.040.000. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa VAM dan metode BCE sama-sama efektif dalam meminimalkan biaya transportasi, namun VAM memiliki langkah perhitungan yang lebih sederhana dari pada metode BCE, sehingga lebih mudah diterapkan dalam penyelesaian transportasi.

Kata Kunci: BCE, Distribusi, Optimalisasi, *Stepping Stone*, VAM.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan data dan sumber yang dikutip.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau



MINIMIZING TRANSPORTATION COST USING VOGEL'S APPROXIMATION METHOD (VAM) AND BILQIS CHASTINE ERMA (BCE) METHOD

ROY PATURONY A
NIM: 11950411512

Date of Final Exam : January 09, 2026

Date of Graduation :

*Department of Mathematic
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru*

ABSTRACT

Transportation problem is a special form of linear programming that aims to minimize distribution costs from several sources to various destinations. Inefficient distribution of goods can increase transportation costs and harm business actors. so to solve this problem requires a special method known as the transportation method. This study aims to minimize the transportation costs of fertilizer distribution at Ma'77 Shop using the Vogel's Approximation Method (VAM) and the Bilqis Chastine Erma Method (BCE) with an optimization test using the Stepping Stone Method. The data used in this study are secondary data taken from previous studies. Based on the results of the solution of the data, it shows that both methods produce the same minimum cost as the optimization test, which is Rp. 8,040,000. From these results, it can be concluded that the VAM and the BCE method are both effective in minimizing transportation costs, but the VAM has simpler calculation steps than the BCE method, so it is easier to apply in solving transportation problems.

Keywords: BCE, Distribution, Optimization, Stepping Stone, VAM.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumbernya.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau



KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil 'Alaamiin. Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul "**Meminimalkan Biaya Transportasi Menggunakan Vogel's Approximation Method (VAM) dan Metode Bilqis Chastine Erma (BCE)**". Shalawat beserta salam senantiasa kita hailahkan untuk Nabi Besar Muhammad SAW, semoga dengan senantiasa bershalawat kepada beliau kita mendapatkan syafa'atnya di akhirat nanti.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan pengetahuan, bimbingan, arahan, masukan serta nasehat dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan setulus hati penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

Ibu Prof. Dr. Hj. Leny Nofianti MS, SE, M.Si, AK, CA. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Ibu Dr. Yuslenita Muda, S.Si, M.Sc. selaku Dekan Fakultas sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Bapak Wartono, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Bapak Zukrianto, M.Si. selaku Sekretaris Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, sekaligus Pembimbing Akademik.

Ibu Sri Basriati, M.Sc. selaku Pembimbing penulisan Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan bimbingan dengan sabar selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Bapak Mohammad Soleh, M.Sc dan Ibu Elfira Safitri, M.Mat selaku Penguji yang telah memberikan kritik dan saran pada Tugas Akhir ini.

Bapak dan Ibu Dosen di lingkungan Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.



Kepada keluarga besarku terutama kedua orang tua, kakak dan adik- adik yang selalu memotivasi agar penulis cepat menyelesaikan perkuliahan ini.

Seluruh teman- teman mahasiswa Matematika yang selalu memberikan semangat dan berbagi pengetahuan kepada penulis selama proses perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.

Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Semoga semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal baik dan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak lepas dari kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, kritikan dan saran dari semua pihak sangat diharapkan oleh penulis demi penyempurnaan tugas akhir ini. Penulis ucapkan terima kasih, semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua. *Aamiin Ya Rabbal 'Alamin*.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pekanbaru, 09 Januari 2026

ROY PATURONY A
11950411512

UIN SUSKA RIAU



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	
LEMBAR PERNYATAAN	vi
LEMBAR PERSEMBAHASAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR SIMBOL	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Model Transportasi	5
2.2 <i>Vogel's Approximation Method (VAM)</i>	6
2.3 Metode Bilqis Chastine Erma (BCE)	7
2.4 Metode <i>Stepping Stone</i>	11
BAB III METODE PENELITIAN	32



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

BAB IV PEMBAHASAN.....	37
4.1 Pendistribusian Pupuk pada Toko Ma'77 Kecamatan Bengalon	37
4.2 Model Transportasi Pendistribusian Pupuk pada Toko Ma'77 Kecamatan Bengalon.....	38
4.3 Penyelesaian Solusi Awal Menggunakan Metode VAM	40
4.4 Penyelesaian Solusi Awal Menggunakan Metode BCE.....	52
4.5 Uji Optimalisasi Menggunakan Metode <i>Stepping Stone</i>	66
BAB V PENUTUP	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	70
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	72

UIN SUSKA RIAU



DAFTAR SIMBOL

- Biaya Total Transportasi;
 Persediaan ke- i , $i = 1, 2, \dots, m$;
 Permintaan ke- j , $j = 1, 2, \dots, n$;
 Biaya pengiriman satu unit barang dari sumber i ke tujuan j ;
 Jumlah unit yang dikirim dari sumber i ke tujuan j .
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan harus mencantumkan kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU



DAFTAR TABEL

2.1 Model Transportasi.....	5
2.2 Data Biaya Transportasi	12
2.3 Data Transportasi Vaksin.....	13
2.4 Selisih Biaya VAM ke-1	15
2.5 Hasil Alokasi VAM ke-1	16
2.6 Selisih Biaya VAM ke-2.....	17
2.7 Hasil Alokasi VAM ke-2	18
2.8 Selisih Biaya VAM ke-3	19
2.9 Hasil Alokasi VAM ke-3	20
2.10 Hasil Alokasi VAM ke-4	21
2.11 Hasil Akhir VAM.....	21
2.12 Awal Transportasi BCE	22
2.13 Pengalokasian Barang dari Demand Ke dalam Sel.....	23
2.14 Perubahan Status Pada Tabel Transportasi Tahap 1	23
2.15 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 1	25
2.16 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 2	27
2.17 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 3	28
2.18 Hasil Akhir Metode BCE	29
2.19 Hasil Pengujian Metode Stepping Stone	30
2.20 Hasil Perhitungan Indeks Perbaikan Tabel 2.19.....	31
2.21 Hasil Perhitungan Metode VAM dan Metode BCE	31
4.1 Data Persediaan Pupuk Toko Ma'77 Kecamatan Bengalon.....	37
4.2 Data Permintaan Pupuk Toko Ma'77 Kecamatan Bengalon.....	37
4.3 Data Biaya Pendistribusian Pupuk (ribuan/sak).....	38
4.4 Awal Transportasi (dalam ribu rupiah).....	38
4.5 Selisih Biaya VAM ke-1 (dalam ribu rupiah).....	41
4.6 Hasil Alokasi VAM ke-1 (dalam ribu rupiah)	42
4.7 Selisih Biaya VAM ke-2 (dalam ribu rupiah).....	43
4.8 Hasil Alokasi VAM ke-2 (dalam ribu rupiah)	44



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.9 Selisih Biaya VAM ke-3 (dalam ribu rupiah).....	45
Tabel 4.10 Hasil Alokasi VAM ke-3 (dalam ribu rupiah)	46
Tabel 4.11 Selisih Biaya VAM ke-4	47
Tabel 4.12 Hasil Alokasi VAM ke-4 (dalam ribu rupiah)	48
Tabel 4.13 Selisih Biaya VAM ke-5	49
Tabel 4.14 Hasil Alokasi VAM ke-5 (dalam ribu rupiah)	50
Tabel 4.15 Hasil Alokasi VAM ke-6 (dalam ribu rupiah)	51
Tabel 4.16 Hasil Akhir VAM (dalam ribu rupiah).....	51
Tabel 4.17 Awal Transportasi Metode BCE	52
Tabel 4.18 Pengalokasian Barang dari Demand Ke dalam Sel.....	53
Tabel 4.19 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 1	55
Tabel 4.20 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 2	57
Tabel 4.21 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 3	59
Tabel 4.22 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 4	61
Tabel 4.23 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 5	63
Tabel 4.24 Hasil Akhir Metode BCE	65
Tabel 4.25 Hasil Uji Optimalisasi Metode Stepping Stone.....	66
Tabel 4.26 Hasil Perhitungan Indeks Perbaikan Tabel 2.25.....	67
Tabel 4.27 Hasil Perhitungan Metode VAM dan Metode BCE	67



DAFTAR SINGKATAN

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip atau sebagian atau seluruhnya
2. Dilarang mengutip atau sebagian atau seluruhnya
a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
VAM *Vogel's Approximation Method;*
Bilqis Chastine Erna;
LC *Least Cost;*
NWC *North West Corner;*
NS *Not Satisfied;*
ER *Excess Row;*
S *Satisfied;*
FLC *First Least Cost;*
SLC *Second Least Cost;*
FLR *First Least Row;*
SLR *: Second Least Row;*
A *: Total Allocation;*
D *: Smallest Diff;*
S *: Least Supply;*
SS *: Second Supply;*
DS *: Diff Supply;*
FSLR *Total Cost First Least Row;*
GSLR *Total Cost Second Least Row;*
UFLR *Total Units First Least Row;*
USLR *Total Units Second Least Row;*
UNFLR *Total Units Now First Least Row;*
C *Total Cost.*



BAB I

PENDAHULUAN

Latar belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berpengaruh besar terhadap pendistribusian barang dan jasa. Di era globalisasi, perusahaan dituntut untuk mampu mengelola sumber daya dengan baik, termasuk dalam hal distribusi produk dari pusat produksi menuju berbagai titik permintaan. Distribusi yang tidak efisien akan menimbulkan biaya yang lebih besar, keterlambatan, bahkan kerugian dalam jangka panjang. Maka, diperlukan suatu pendekatan matematis yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan distribusi secara optimal [1].

Salah satu permasalahan yang sering muncul adalah penentuan strategi distribusi barang dari beberapa sumber (misalnya pabrik atau gudang) ke beberapa tujuan (misalnya pasar atau konsumen) dengan biaya minimum, tanpa melanggar kapasitas *supply* dan kebutuhan *demand*. Masalah ini dalam riset operasi dikenal sebagai masalah transportasi [2]. Secara umum, masalah transportasi dapat dimodelkan sebagai suatu bentuk program linier, yang mana fungsi objektifnya adalah meminimalkan biaya distribusi, sementara kendalanya berupa keterbatasan jumlah *supply* dan *demand* [3].

Untuk menyelesaikan masalah transportasi, langkah awal yang harus ditentukan adalah menentukan *fisibel basis awal*, yaitu solusi awal yang layak dan memenuhi semua kendala. Berbagai metode dikembangkan untuk menemukan solusi awal ini, beberapa metode yang populer di antaranya adalah *North West Corner* (NWC), *Least Cost* (LC) dan *Vogel's Approximation Method* (VAM). Metode VAM merupakan metode yang memperoleh solusi awal dengan cara mempertimbangkan *penalty cost* atau selisih antara dua biaya terkecil pada setiap baris dan kolom. *Penalty* terbesar menunjukkan potensi kerugian terbesar jika lokasi salah ditempatkan, sehingga metode ini cenderung menghasilkan solusi awal yang lebih dekat dengan solusi optimal. Di antara ketiganya, VAM banyak digunakan karena sering kali menghasilkan solusi awal yang mendekati optimal [4].



Seiring dengan perkembangan penelitian di bidang masalah transportasi, para peneliti terus berupaya mencari metode yang lebih sederhana namun tetap menghasilkan solusi yang baik. Salah satu pendekatan yang lahir dari kebutuhan tersebut adalah Metode Bilqis Chastine Erma (BCE). Metode ini diperkenalkan oleh Bilqis Amaliah, Chastine Fatichah, dan Erma Suryani sebagai alternatif dalam menentukan solusi awal pada masalah transportasi. Salah satu upaya yang diterapkan pada metode BCE adalah dengan memindahkan unit yang berlebih atau *excess units* dari biaya terkecil pertama atau *First Least Cost* ke biaya terkecil keduanya atau *Second Least Cost*. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan akurasi optimalitas dari solusi fisibel [5]. Keunggulan metode ini adalah langkah perhitungannya sederhana namun tetap mampu menghasilkan solusi yang cukup baik dengan metode yang telah ada sebelumnya.

Namun, solusi awal yang diperoleh baik dengan VAM maupun BCE belum tentu merupakan solusi optimal. Sehingga diperlukan metode pengujian optimalitas. Salah satu metode yang paling banyak digunakan adalah metode *Stopping Stone*. Seperti dijelaskan dalam [6], metode ini bekerja dengan cara menguji setiap sel kosong melalui pembentukan lintasan tertutup (*closed path*) dan setelah lintasan tertutup terbentuk, dihitung perubahan biaya total yang mungkin terjadi jika satu unit distribusi ditempatkan pada sel kosong tersebut. Jika ditemukan nilai dengan nilai penurunan biaya, maka dilakukan perbaikan alokasi. Proses ini terus berlanjut hingga tidak ada lagi peluang perbaikan, artinya solusi yang diperoleh sudah optimal.

Penelitian yang dilakukan [7], berjudul “Studi Komparatif Metode NWC dan Metode VAM dalam Optimasi Pengiriman pada PT Baruna Globalindo”, diperoleh hasil bahwa biaya transportasi menggunakan Metode VAM lebih rendah dibandingkan Metode NWC. Pada data Oktober 2024, Metode NWC menghasilkan biaya sebesar Rp 59.900, sedangkan Metode VAM hanya Rp 43.900. Hal yang sama terjadi pada November 2024, di mana biaya dengan menggunakan Metode NWC mencapai Rp 66.100, sementara Metode VAM lebih efisien dengan biaya Rp 49.800. Sehingga dapat disimpulkan bahwa VAM lebih efektif dalam meminimalkan biaya transportasi dibandingkan NWC.



Kemudian penelitian oleh [8], membahas cara mengoptimalkan biaya transportasi menggunakan Metode BCE dan ASM, selanjutnya diuji optimalitasnya menggunakan Metode *Stepping Stone*. Berdasarkan tiga data sekunder yang dianalisis, hasilnya menunjukkan bahwa Metode BCE langsung menghasilkan solusi yang sudah optimal. Penelitian lainnya mengenai Metode BCE pernah dilakukan oleh [9] yang membandingkan Metode *Incessant Allocation Method* (IAM), Bilqis Chastine Erma (BCE) dan *Zero Suffix* dalam meminimumkan biaya transportasi. Hasil perbandingan ketiga metode dalam penelitian ini menunjukkan bahwa Metode BCE memiliki solusi awal yang paling minimum dengan hasil uji optimalisasi yang optimal dibandingkan kedua metode lainnya.

Berdasarkan penelitian oleh [7], [8] dan [9], penulis tertarik untuk mencari solusi awal menggunakan Metode VAM dan BCE sebagai topik dalam Tugas Akhir. Adapun judul penelitian Tugas Akhir ini adalah “**Meminimalkan Biaya Transportasi Menggunakan *Vogel’s Approximation Method* (VAM) dan Metode Bilqis Chastine Erma (BCE)**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang dijelaskan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah:

Bagaimana pengoptimalan biaya transportasi dengan menggunakan VAM dan BCE?

Bagaimana uji optimalisasi VAM dan BCE dengan menggunakan Metode *Stepping Stone*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian Tugas Akhir ini, maka batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

Masalah transportasi yang dibahas merupakan kasus transportasi seimbang, dengan membahas permasalahan distribusi barang dari 4 sumber ke 4 tujuan. Penyelesaian masalah transportasi dari penelitian ini menggunakan VAM dan BCE.

Uji optimalitas kedua metode dilakukan dengan menggunakan Metode *Stepping Stone*.



1.4 Tujuan Masalah

Penelitian Tugas Akhir ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mendapatkan solusi optimal biaya transportasi dengan menggunakan VAM dan BCE.

2. Mengetahui optimalisasi VAM dan BCE untuk biaya transportasi dengan menggunakan Metode *stepping stone*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharap memberikan manfaat untuk menambah pemahaman mengenai penyelesaian masalah transportasi khususnya dengan menggunakan Metode VAM dan Metode BCE. Serta dapat membantu perkembangan bidang usaha, penyedia maupun pengguna jasa distribusi dalam menentukan pengiriman barang lebih efisien dalam meminimalkan biaya transportasi.

1.6 Sistematika Penelitian

Skripsi ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Memuat kajian pustaka tentang teori transportasi, *Vogel's Approximation Method* (VAM), Metode Bilqis Chastine Erma (BCE) dan Metode *Stepping-Stone*.

BAB III METODE PENELITIAN

Menjelaskan rancangan penelitian, data yang digunakan, serta prosedur penyelesaian

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang optimasi biaya pendistribusian pupuk pada Toko Ma'77 dengan biaya yang minimum menggunakan *Vogel's Approximation Method* (VAM), Metode Bilqis Chastine Erma (BCE).

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang Kesimpulan dan saran yang didapat dari seluruh bab pada tugas akhir ini.



BAB II

LANDASAN TEORI

Model Transportasi

Masalah transportasi merupakan salah satu bentuk khusus dari persoalan pemrograman linear yang berkaitan dengan pendistribusian barang dari sejumlah sumber (*supply*) ke sejumlah tujuan (*demand*) dengan biaya seminimal mungkin. Fungsi tujuan yang digunakan dalam model transportasi biasanya berupa total biaya pengiriman yang akan diminimumkan [10].

Dalam riset operasi, masalah transportasi dianggap sebagai kasus khusus karena struktur kendalanya berbentuk sangat teratur, yaitu berupa kendala baris yang menunjukkan *supply* dan kendala kolom yang menunjukkan *demand* [11]. Dengan demikian, metode transportasi memungkinkan penyelesaian masalah distribusi dalam skala besar dengan perhitungan yang lebih efisien.

Menurut [12], model transportasi dapat ditunjukkan pada bentuk Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Model Transportasi

Sumber	Tujuan				Supply (a_i)
	T_1	T_2	...	T_n	
S_1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	...	C_{1n} X_{1n}	a_1
S_2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	...	C_{2n} X_{2n}	a_2
\vdots	\vdots
S_m	C_{m1} X_{m1}	C_{m2} X_{m2}	...	C_{mn} X_{mn}	a_m
Demand (b_j)	b_1	b_2	...	b_n	$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$

Keterangan:

a_i : Persediaan ke- i , $i = 1, 2, \dots, m$;

b_j : Permintaan ke- j , $j = 1, 2, \dots, n$;



C_{ij} : Biaya pengiriman satu unit barang dari sumber i ke tujuan j ;

X_{ij} : Jumlah unit yang dikirim dari sumber i ke tujuan j .

Maka, fungsi tujuan dari model transportasi adalah:

$$\text{Minimalkan } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (2.1)$$

Dengan kendala:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.2)$$

$$X_{ij} \geq 0 \text{ untuk setiap } i \text{ dan } j$$

di mana total *supply* dan total *demand* yaitu:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

jika masalah tersebut disebut masalah transportasi seimbang. Sebaliknya, jika tidak seimbang, maka disebut masalah transportasi tidak seimbang. Untuk menyelesaikan kasus tidak seimbang, biasanya ditambahkan variabel *dummy supply* atau *dummy demand* dengan biaya transportasi nol agar total *supply* dan *demand* menjadi sama [13].

Vogel's Approximation Method (VAM)

Vogel's Approximation Method (VAM) merupakan salah satu metode dalam penyelesaian masalah transportasi yang digunakan untuk memperoleh solusi awal yang memenuhi syarat dengan biaya yang relatif rendah dibandingkan metode lainnya seperti *North West Corner* atau *Least Cost*. Inti dari metode ini adalah menentukan alokasi dengan memperhatikan selisih biaya terkecil (*penalty cost*) pada setiap baris dan kolom tabel transportasi [6].

Berdasarkan [14], Metode VAM dianggap lebih efisien karena memperhatikan perubahan biaya (*opportunity cost*) yang terjadi apabila suatu alokasi tidak ditempatkan pada posisi yang seharusnya. Dengan kata lain, metode



ini memberikan pendekatan yang lebih dekat kepada solusi optimal sejak awal, sehingga mengurangi jumlah iterasi pada proses uji optimalisasi.

Menurut [6] dan [15], prosedur penyelesaian masalah transportasi menggunakan Metode VAM adalah sebagai berikut:

Menghitung selisih biaya (*penalty cost*) antara dua biaya terkecil pada setiap baris dan setiap kolom tabel transportasi.

Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi baris atau kolom yang memiliki selisih biaya terbesar untuk menentukan prioritas alokasi pada proses perhitungan awal.

Mengalokasikan sebanyak mungkin pada sel dengan biaya terkecil pada baris atau kolom yang dipilih, alokasi ditentukan oleh *supply* dan *demand* yang tersedia.

Mengurangi *supply* dan *demand* sesuai dengan alokasi yang dilakukan. Jika persediaan sudah habis, baris tersebut dihapus dari pertimbangan selanjutnya. Jika permintaan sudah terpenuhi, kolom tersebut dihapus dari pertimbangan selanjutnya.

Mengulangi kembali Langkah 1-4 hingga semua *demand* dan *supply* terpenuhi.

Setelah semua sel terisi, diperoleh solusi awal yang layak, kemudian dilanjutkan dengan uji optimalisasi menggunakan Metode *Stepping-Stone*.

Metode Bilqis Chastine Erma (BCE)

Metode Bilqis Chastine Erma (BCE) merupakan salah satu pendekatan praktis yang dikembangkan untuk menyelesaikan masalah transportasi, khususnya dalam menentukan solusi awal yang lebih baik. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Bilqis Amaliah, Chastine Fatichah dan Erma Suryani sebagai alternatif terhadap metode yang telah ada sebelumnya seperti *North West Corner*, *Least Cost* dan *Vogel's Approximation Method*.

Tujuan utama Metode BCE adalah memperoleh solusi awal dengan biaya transportasi yang lebih rendah dan lebih dekat dengan solusi optimal, sehingga proses optimasi lanjutan dengan Metode *Stepping-Stone* memerlukan iterasi yang lebih sedikit. Berdasarkan [8], Metode BCE menggabungkan efisiensi



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

perhitungan dan ketepatan hasil dengan mempertimbangkan alokasi maksimum dari sel biaya minimum pada setiap langkah, yang berbeda dari metode yang telah ada sebelumnya hanya mempertimbangkan penalti atau urutan posisi sel.

Menurut [5], prosedur penyelesaian masalah transportasi menggunakan Metode BCE adalah sebagai berikut:

Menyusun masalah transportasi ke dalam tabel transportasi, lalu menambahkan status untuk setiap baris pada tabel tersebut. Status awal setiap baris adalah *Not Satisfied* (NS).

Mengalokasikan permintaan b_j pada kolom ke- j ke dalam X_{ij} di mana C_{ij} merupakan biaya terkecil pertama atau *first least cost* (FLC) pada kolom tersebut. FLC_j dirumuskan pada Persamaan (2.3):

$$FLC_j = \min(C_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.3)$$

Jika total alokasi X_{ij} pada baris i (TA_i) melebihi *suplly* (a_i) maka baris tersebut berubah status menjadi *excess row* (ER). ER merupakan baris di mana permintaan melebihi *suplly* sehingga kelebihan unit harus dipindahkan dari FLC ke biaya terkecil kedua atau *Second Least Cost* (SLC). Hal ini dirumuskan pada Persamaan (2.4):

$$TA_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (2.4)$$

Menhitung perbedaan selisih ($Diff_j$) antara FLC_j dan SLC_j untuk setiap sel yang berstatus ER. Hal ini dirumuskan pada Persamaan (2.5):

$$Diff_j = SLC_j - FLC_j \quad (2.5)$$

Menentukan sel selisih terkecil atau *Smallest Diff* (SD) dari selisih ($Diff_j$). Baris SD ditetapkan sebagai baris terkecil pertama atau *First Least Row* (FLR), sedangkan baris dari SLC_j ditetapkan sebagai baris terkecil kedua atau *Second Least Row* (SLR). Hal ini dirumuskan pada Persamaan (2.6):

$$SD = \min(Diff_j) \quad (2.6)$$

Apabila masalah transportasi seimbang, dilanjutkan ke Langkah 7. Jika tidak, maka ke Langkah 17.



7. Jika $FLC_j \neq SLC_j$ dan sumber terkecil atau *Least Supply* (LS) \neq sumber kedua atau *Second Supply* (SS), maka proses berlanjut ke Langkah 8. Jika kondisi tidak terpenuhi, maka lanjutkan ke Langkah 15.

8. Memeriksa status SLR. Jika SLR berstatus ER, maka ke Langkah 9. Jika tidak, lanjutkan ke Langkah 11.

9. Mengalokasikan unit maksimum X_{ij} ke FLC_j , kemudian sisanya pindahkan ke SLC_j .

10. Apabila total unit FLR (TUFLR) sama dengan kapasitas *supply* FLR, maka baris FLR dianggap selesai (*Satisfied* / S), tidak dipertimbangkan lagi pada iterasi berikutnya, lalu lanjut ke Langkah 18. Hal ini dirumuskan pada Persamaan (2.7):

$$TUFLR = \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (2.7)$$

11. Menghitung modulo selisih persediaan atau *Diff Supply* (DS) serta $Diff_j$. Jika hasil operasi modulo = 0, maka proses dilanjutkan ke Langkah 12. Jika tidak, lanjutkan ke Langkah 9. Hal ini dirumuskan pada Persamaan (2.8) dan (2.9):

$$DS = |SS - LS| \quad (2.8)$$

$$Modulo = mod(DS; Diff_j) \quad (2.9)$$

12. Menghitung total biaya baris terkecil pertama atau *Total Cost of First Least Row* (TCFLR) dan total biaya baris terkecil kedua atau *Total Cost of Second Least Row* (TCSLR). Jika TCFLR > TCSLR, lanjutkan ke Langkah 9. Jika tidak, lanjutkan ke langkah 13. Hal ini dirumuskan pada Persamaan (2.10) dan (2.11):

$$TCFLR = \sum_{j=1}^n c_{1,j} \quad (2.10)$$

$$TCSLR = \sum_{j=1}^n c_{2,j} \quad (2.11)$$

13. Mengalokasikan unit maksimum X_{ij} dari selisih terkecil (SD) ke SLC_j , sisanya tetap berada di SD.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Jika total unit SLR (TUSLR) pada baris ke- i sama dengan *suplly* SS, maka baris SLR dinyatakan selesai (*Satisfied*), kemudian dilanjutkan ke Langkah

18. Hal ini dirumuskan pada Persamaan (2.12):

$$TUSLR = \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (2.12)$$

Jika $FLC_j \neq SLC_j$ dan $LS = SS$, maka lanjutkan ke Langkah 9.

Jika $FLC_j = SLC_j$, hitung kembali TCFLR dan TCSLR. Jika $TCFLR > TCSLR$, lanjutkan ke Langkah 9. Jika tidak, pindahkan semua alokasi X_{ij} dari FLC_j ke SLC_j , kemudian ganti FLC_j dengan SLC_j menjadi SLC_j dengan biaya terkecil berikutnya.

Untuk kasus transportasi yang tidak seimbang, maka prosedur berikut dapat dilakukan:

- Memeriksa status SLR. Jika berstatus ER, kembali ke Langkah 9.
- Jika jumlah unit pada FLR yang tersisa (TUNFLR) lebih besar dari supply baris LR, lanjut ke Langkah 13. Jika tidak, kembali ke Langkah 9. Hal ini dirumuskan pada Persamaan (2.13):

$$TUNFLR = \sum_{j=1}^n X_{1j} - \sum_{j=1}^n X_{2j} \quad (2.13)$$

Jika hanya tersisa satu baris dengan status NS dan tidak ada ER, maka dilanjutkan ke Langkah 19, jika tidak lanjutkan ke Langkah 4.

Proses iterasi berakhir ketika *suplly* dan permintaan terpenuhi tanpa ada baris dengan status ER, selanjutnya menghitung total biaya transportasi (TC). Hal ini dirumuskan pada Persamaan (2.14):

$$TC = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (2.14)$$



2.4 Metode *Stepping Stone*

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU
Jl. Sekeloa Timur No. 104
Kec. Sekeloa, Kota Pekanbaru
Prov. Riau 28155
Telp. (0756) 8412000
Fax. (0756) 8412001
Email: uin@uin-suska-riau.ac.id
www.uin-suska-riau.ac.id

Metode *Stepping Stone* merupakan salah satu metode uji optimalitas dalam masalah transportasi. Metode ini digunakan setelah diperoleh solusi awal yang terisi (misalnya dari VAM, LC, NWC dan BCE) [7]. Tujuannya adalah mengevaluasi setiap sel kosong (tidak dialokasikan) untuk mengetahui apakah lokasi baru dapat menurunkan total biaya transportasi.

Menurut [16], Metode *Stepping Stone* bekerja dengan membentuk lintasan tertutup (*closed path loop*) yang melewati sel kosong serta beberapa sel yang sudah terisi lalu menghitung perubahan biaya (*opportunity cost*). Jika ditemukan total biaya bernilai negatif, maka solusi masih bisa diperbaiki dan biaya total transportasi dapat diturunkan. Jika semua total biaya bernilai positif atau nol, maka solusi yang diperoleh adalah optimal.

Berikut hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun *Loop Stepping Stone*:

Mulai dari sel kosong lalu bentuk lintasan tertutup atau *loop* tertutup dengan jalur horizontal/vertikal.

Pergantian (+) dan (−) harus konsisten antara sel kosong dan sel terisi.

Jumlah sel dengan tanda (+) harus sama dengan jumlah sel bertanda (−).

Prosedur pengujian terhadap Metode *stepping stone* dijelaskan sebagai berikut [17]:

Menentukan solusi awal yang akan digunakan dapat diperoleh dengan *Vogel's Approximation Method* (VAM) atau Metode Bilqis Chastine Erma (BCE).

Menentukan sel kosong pada tabel transportasi yang belum memiliki alokasi, karena sel-sel inilah yang akan diuji untuk melihat kemungkinan perbaikan biaya.

Membentuk lintasan tertutup (*closed path loop*) dengan memulai dari sel kosong yang diuji, memberi tanda (+), kemudian bergerak secara horizontal atau vertikal menuju sel yang terisi dengan memberi tanda (−), dan seterusnya secara bergantian hingga kembali ke sel awal.

Menghitung perubahan biaya atau *opportunity cost* (ΔC) untuk sel kosong tersebut dengan rumus $\Delta C = \sum C_{sel(+)} - \sum C_{sel(-)}$. Jika nilai ΔC negatif, maka terdapat peluang penurunan biaya.



5. Melakukan perbaikan alokasi dengan menambahkan unit pada sel bertanda (+) dan mengurangi unit pada sel bertanda (-), dengan jumlah perubahan sebesar nilai terkecil pada sel bertanda (-) agar tidak ada alokasi negatif.

Menghitung kembali total biaya transportasi setelah dilakukan perbaikan alokasi pada tabel transportasi.

Mengulangi proses pengujian untuk semua sel kosong pada tabel transportasi hingga tidak ada lagi sel dengan *opportunity cost* negatif.

Menyatakan bahwa solusi telah optimal apabila seluruh sel kosong menghasilkan nilai $\Delta C \geq 0$, sehingga total biaya transportasi tidak dapat diturunkan lagi.

Contoh 2.1: [18]

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pendistribusian vaksin di wilayah Pulau Jawa. Salah satu produk yang didistribusikan adalah vaksin Hepatitis B. Distribusi dilakukan dari tiga gudang utama, yaitu: Gudang Pasteur (Bandung) dengan kapasitas 600 koli, Gudang Gatot Subroto (Bandung) dengan kapasitas 355 koli, dan Gudang Cisarua (Lembang) dengan kapasitas 334 koli. Vaksin tersebut akan dikirim ke tiga Provinsi tujuan, yaitu: Jakarta dengan kebutuhan sebanyak 340 koli, Banten dengan kebutuhan sebanyak 374 koli, dan Jawa Tengah dengan kebutuhan sebanyak 575 koli.

Ongkos transportasi dari setiap gudang ke masing-masing Provinsi tujuan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Data Biaya Transportasi

Sumber	Tujuan	Biaya / Koli
Pasteur (Bandung)	Jakarta	Rp.27.200
	Banten	Rp.31.700
	Jawa Tengah	Rp.43.200
Gatot Subroto (Bandung)	Jakarta	Rp.27.300
	Banten	Rp.31.600
	Jawa Tengah	Rp.42.700
Cisarua (Lembang)	Jakarta	Rp.27.500
	Banten	Rp.31.900
	Jawa Tengah	Rp.43.100

Sumber: [18]



Bagaimana solusi optimal untuk meminimalkan biaya transportasi pada distribusi vaksin dengan menggunakan Metode VAM dan Metode BCE?

Penyelesaian:

Berdasarkan permasalahan distribusi vaksin pada contoh diatas, maka dapat disajikan tabel transportasi sebagai berikut:

Tabel transportasi

Berdasarkan data contoh dengan kapasitas persediaan dan permintaan yang seimbang, diperoleh tabel transportasi sebagai berikut:

Tabel 2.3 Data Transportasi Vaksin

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah	
Pasteur (Bandung)	X_{11} 27.200	X_{12} 31.700	X_{13} 43.200	600
Gatot Subroto (Bandung)	X_{21} 27.300	X_{22} 31.600	X_{23} 42.700	355
Cisarua (Lembang)	X_{31} 27.500	2000 31.900	X_{33} 43.100	334
Demand (Koli)	340	374	575	1.289

Variabel keputusan

Berikut disajikan variabel keputusan sesuai dengan tabel transportasi di atas:

- X_{11} Banyaknya vaksin yang dikirim dari Pasteur (Bandung) ke JKT;
- X_{12} Banyaknya vaksin yang dikirim dari Pasteur (Bandung) ke BTN;
- X_{13} Banyaknya vaksin yang dikirim dari Pasteur (Bandung) ke JTG;
- X_{21} Banyaknya vaksin yang dikirim dari Gatot Subroto (Bandung) ke JKT;
- X_{22} Banyaknya vaksin yang dikirim dari Gatot Subroto (Bandung) ke BTN;
- X_{23} Banyaknya vaksin yang dikirim dari Gatot Subroto (Bandung) ke JTG;
- X_{31} Banyaknya vaksin yang dikirim dari Cisarua (Lembang) ke JKT;
- X_{32} Banyaknya vaksin yang dikirim dari Cisarua (Lembang) ke BTN;
- X_{33} Banyaknya vaksin yang dikirim dari Cisarua (Lembang) ke JTG;



Fungsi tujuan

$$\text{Minimalkan } Z = 27.200X_{11} + 31.700X_{12} + 43.200X_{13} + 27.300X_{21} + 31.600X_{22} + 42.700X_{23} + 27.500X_{31} + 31.900X_{32} + 43.100X_{33}$$

Fungsi kendala

$$\begin{aligned} \text{Persediaan: } & X_{11} + X_{12} + X_{13} = 600; \\ & X_{21} + X_{22} + X_{23} = 355; \\ & X_{31} + X_{32} + X_{33} = 334. \\ \text{Permintaan: } & X_{11} + X_{21} + X_{31} = 340; \\ & X_{12} + X_{22} + X_{32} = 374; \\ & X_{13} + X_{23} + X_{33} = 575. \end{aligned}$$

Penyelesaian menggunakan Metode VAM

Prosedur penyelesaian masalah transportasi menggunakan Metode VAM

adalah sebagai berikut:

Contoh I:

Langkah 1: Menghitung selisih biaya pada setiap baris dan kolom, selisih biaya diperoleh dari selisih antara dua biaya terkecil dalam setiap baris dan kolom tersebut, berdasarkan Tabel 2.3 didapat selisih seperti berikut:

Pada baris pertama biaya terkecil pertama terletak pada $C_{11} = 27.200$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{12} = 31.700$ sehingga, didapat selisih biaya $C_{12} - C_{11} = 31.700 - 27.200 = 4.500$.

Pada baris kedua biaya terkecil pertama terletak pada $C_{21} = 27.300$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{22} = 31.600$ sehingga, didapat selisih biaya $C_{22} - C_{21} = 31.600 - 27.300 = 4.300$.

Pada baris ketiga biaya terkecil pertama terletak pada $C_{31} = 27.500$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{32} = 31.900$ sehingga, didapat selisih biaya $C_{32} - C_{31} = 31.900 - 27.500 = 4.400$.

Pada kolom pertama biaya terkecil pertama terletak pada $C_{11} = 27.200$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{21} = 27.300$ sehingga, didapat selisih biaya $C_{21} - C_{11} = 27.300 - 27.200 = 100$.



Pada kolom kedua biaya terkecil pertama terletak pada $C_{22} = 31.600$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{12} = 31.700$ sehingga, didapat selisih

biaya $C_{12} - C_{22} = 31.700 - 31.600 = 100$.

Pada kolom ketiga biaya terkecil pertama terletak pada $C_{23} = 42.700$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{33} = 43.100$ sehingga, didapat selisih biaya $C_{23} - C_{33} = 43.100 - 42.700 = 400$.

Hasil dari menghitung selisih biaya setiap baris dan kolom dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Selisih Biaya VAM ke-1

Sumber	Tujuan			Supply (Butir)	Selisih Biaya
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah		
Pasteur (Bandung)	27.200 X_{11}	31.700 X_{12}	43.200 X_{13}	600	4.500
Catut Subroto (Bandung)	27.300 X_{21}	31.600 X_{22}	42.700 X_{23}	355	4.300
Cisarua (lembang)	27.500 X_{31}	31.900 X_{32}	43.100 X_{33}	334	4.400
Demand (Butir)	340	374	575	1.289	
Selisih Biaya	100	100	400		

Langkah 2: Mengidentifikasi baris atau kolom yang memiliki selisih biaya terbesar. Ditemukan pada Tabel 2.3, selisih biaya terbesar terdapat pada baris pertama yaitu 4.500.

Langkah 3: Selanjutnya alokasikan semaksimal mungkin pada sel kosong (X_{ij}) yang memiliki biaya terkecil pada baris pertama tersebut, seperti berikut:

Pada baris pertama sel kosong yang memiliki biaya terkecil terletak pada sel (X_{11}) yaitu 27.200, kemudian alokasikan pada $X_{11} = \min(a_1 = 600, b_1 = 340) = 340$

Langkah 4: Mengurangi persediaan dan permintaan sesuai dengan alokasi yang dilakukan. Selanjutnya kurangi $a_1 - X_{11} = 600 - 340 = 260$ (a_1 belum terpenuhi) begitu juga pada $b_1 - X_{11} = 340 - 340 = 0$ (b_1 terpenuhi) dan karena b_1 sudah terpenuhi maka kolom (b_1) tersebut dihapus dari pertimbangan selanjutnya.



Hasil alokasi pada langkah ini dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut ini:

Tabel 2. 5 Hasil Alokasi VAM ke-1

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah	
Pasteur (Bandung)	340	X_{12}	X_{13}	260
Garot Subroto (Bandung)	X_{21}	X_{22}	X_{23}	355
Cisarua (Lembang)	X_{31}	X_{32}	X_{33}	334
Demand (Koli)	0	374	575	1.289

Berdasarkan Tabel 2.5 produk vaksin telah dialokasikan dari sumber Pasteur (Bandung) ke tujuan Jakarta sebanyak 340 koli vaksin. Setelah alokasi dilakukan, $a_1 = 260$ belum terpenuhi dan $demand$ pada sumber Pasteur (Bandung) $a_1 = 260$ belum terpenuhi dan $demand$ pada Jakarta $b_1 = 0$ sudah terpenuhi, sehingga kolom pertama (b_1) tersebut tidak dipertimbangkan pada tahap berikutnya.

Langkah 5: Ulangi Langkah 1 – 4 hingga semua a_i dan b_j terpenuhi.

Iterasi II

Langkah 1: Menghitung ulang selisih biaya setiap baris dan kolom yang tersisa, berdasarkan Tabel 2.5 selisih biaya yang tersisa adalah sebagai berikut:

Pada baris pertama, biaya yang tersisa terletak pada kolom ($C_{12} = 31.700$) dan ($C_{13} = 43.200$). Biaya terkecil pertama terletak pada $C_{12} = 31.700$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{13} = 43.200$. Sehingga, didapat selisih biaya $C_{13} - C_{12} = 43.200 - 31.700 = 11.500$.

Pada baris kedua, biaya yang tersisa terletak pada kolom ($C_{22} = 31.600$) dan ($C_{23} = 42.700$). Biaya terkecil pertama terletak pada $C_{22} = 31.600$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{23} = 42.700$. Sehingga, didapat selisih biaya $C_{23} - C_{22} = 42.700 - 31.600 = 11.100$.

Pada baris ketiga, biaya yang tersisa terletak pada kolom ($C_{32} = 31.900$) dan ($C_{33} = 43.100$). Biaya terkecil pertama terletak pada $C_{32} = 31.900$ dan



biaya terkecil kedua terletak pada $C_{33} = 43.100$. Sehingga, didapat selisih biaya $C_{33} - C_{32} = 43.100 - 31.900 = 11.200$.

Pada kolom kedua, biaya yang tersisa terletak pada baris ($C_{12} = 31.700$), ($C_{22} = 31.600$) dan ($C_{32} = 31.900$). Biaya terkecil pertama terletak pada $C_{22} = 31.600$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{12} = 31.700$. Sehingga, didapat selisih biaya $C_{12} - C_{22} = 31.700 - 31.600 = 100$.

Pada kolom ketiga, biaya yang tersisa terletak pada baris ($C_{13} = 43.200$), ($C_{23} = 42.700$) dan ($C_{33} = 43.100$). Biaya terkecil pertama terletak pada $C_{23} = 42.700$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{33} = 43.100$. Sehingga, didapat selisih biaya $C_{23} - C_{33} = 43.100 - 42.700 = 400$.

Hasil dari menghitung selisih biaya setiap baris dan kolom dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut ini:

Tabel 2.6 Selisih Biaya VAM ke-2

Sumber	Tujuan			Supply (Butir)	Selisih Biaya
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah		
Pasteur (Bandung)	27.200 340	31.700 X_{12}	43.200 X_{13}	260	11.500
Catut Subroto (Bandung)	27.300 X_{21}	31.600 X_{22}	42.700 X_{23}	355	11.100
Cisarua (Lembang)	27.500 X_{31}	31.900 X_{32}	43.100 X_{33}	334	11.200
Demand (Butir)	0	374	575	1.289	
Selisih Biaya	-	100	400		

Langkah 2 dan 3: Mengidentifikasi baris atau kolom yang memiliki selisih biaya terbesar. Selanjutnya alokasikan sebanyak mungkin pada sel kosong (X_{ij}) yang memiliki biaya terkecil, seperti berikut:

Selisih biaya terbesar adalah 11.500 (terdapat pada baris pertama).

Pada baris pertama sel kosong yang memiliki biaya terkecil terletak pada sel (X_{12}) yaitu dengan memiliki biaya sebesar 31.700, kemudian alokasikan pada $X_{12} = \min(a_1 = 260, b_2 = 374) = 260$.



Langkah 4: Selanjutnya kurangi $a_1 - X_{12} = 260 - 260 = 0$ (a_1 terpenuhi), begitu juga pada $b_2 - X_{12} = 374 - 260 = 114$ (b_2 belum terpenuhi). Karena a_1 terpenuhi maka baris pertama (a_1) tersebut dihapus dari pertimbangan selanjutnya. Hasil alokasi pada langkah ini dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut ini:

Tabel 2.7 Hasil Alokasi VAM ke-2

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah	
Pasteur (Bandung)	27.200	31.700	43.200	0
	340	260	X_{13}	
Catut Subroto (Bandung)	27.300	31.600	42.700	355
	X_{21}	X_{22}	X_{23}	
Cisarua (Lembang)	27.500	31.900	43.100	334
	X_{31}	X_{32}	X_{33}	
Demand (Koli)	0	114	575	1.289

Berdasarkan Tabel 2.7 mengalokasikan produk vaksin dari sumber Pasteur (Bandung) ke daerah tujuan Banten sebanyak 260 koli vaksin. Setelah alokasi dilakukan, *supply* pada sumber Pasteur (Bandung) $a_1 = 0$ sudah terpenuhi dan *demand* pada Banten $b_2 = 114$ belum terpenuhi, sehingga baris pertama (a_1) tersebut tidak lagi dipertimbangkan pada tahap berikutnya.

Iterasi III:

Langkah 1: Menghitung ulang selisih biaya setiap baris dan kolom yang tersisa, berdasarkan Tabel 2.7 selisih biaya yang tersisa adalah sebagai berikut:

Pada baris kedua, biaya yang tersisa terletak pada kolom ($C_{22} = 31.600$) dan ($C_{23} = 42.700$). Biaya terkecil pertama terletak pada $C_{22} = 31.600$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{23} = 42.700$. Sehingga, didapat selisih biaya $C_{23} - C_{22} = 42.700 - 31.600 = 11.100$.

Pada baris ketiga, biaya yang tersisa terletak pada kolom ($C_{32} = 31.900$) dan ($C_{33} = 43.100$). Biaya terkecil pertama terletak pada $C_{32} = 31.900$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{33} = 43.100$. Sehingga, didapat selisih biaya $C_{33} - C_{32} = 43.100 - 31.900 = 11.200$.



Pada kolom kedua, biaya yang tersisa terletak pada baris ($C_{22} = 31.600$) dan ($C_{32} = 31.900$). Biaya terkecil pertama terletak pada $C_{22} = 31.600$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{32} = 31.900$. Sehingga, didapat selisih biaya $C_{32} - C_{22} = 31.900 - 31.600 = 300$.

Pada kolom ketiga, biaya yang tersisa terletak pada baris ($C_{23} = 42.700$) dan ($C_{33} = 43.100$). Biaya terkecil pertama terletak pada $C_{23} = 42.700$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{33} = 43.100$. Sehingga, didapat selisih biaya $C_{33} - C_{23} = 43.100 - 42.700 = 400$.

Hasil dari menghitung selisih biaya setiap baris dan kolom dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut ini:

Tabel 2.8 Selisih Biaya VAM ke-3

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)	Selisih Biaya
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah		
Pasteur (Bandung)	27.200 340	31.700 260	43.200 X_{13}	0	-
Gatot Subroto (Bandung)	27.300 X_{21}	31.600 X_{22}	42.700 X_{23}	355	11.100
Cisarua (Lembang)	27.500 X_{31}	31.900 X_{32}	43.100 X_{33}	334	11.200
Demand (Koli)	0	114	575	1.289	
Selisih Biaya	-	300	400		

Langkah 2 dan 3: Mengidentifikasi baris atau kolom yang memiliki selisih biaya terbesar. Dan Selanjutnya alokasikan sebanyak mungkin pada sel kosong (X_{ij}) yang memiliki biaya terkecil seperti berikut:

Selisih biaya terbesar adalah 11.200 (terdapat pada baris ketiga).

Pada baris ketiga sel kosong yang memiliki biaya terkecil terletak pada sel (X_{32}) yaitu dengan memiliki biaya sebesar 31.900, kemudian alokasikan pada $X_{32} = \min(a_3 = 334, b_2 = 114) = 114$.



Langkah 4: Selanjutnya kurangi $a_3 - X_{32} = 334 - 114 = 220$ (a_3 belum terpenuhi), begitu juga pada $b_2 - X_{32} = 114 - 114 = 0$ (b_2 sudah terpenuhi).

Karena b_2 terpenuhi maka kolom kedua (b_2) tersebut dihapus dari pertimbangan berikutnya.

Hasil alokasi pada langkah ini dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut ini:

Tabel 2.9 Hasil Alokasi VAM ke-3

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah	
Pasteur (Bandung)	27.200	31.700	43.200	0
	340	260	X_{13}	
Catot Subroto (Bandung)	27.300	31.600	42.700	355
	X_{21}	X_{22}	X_{23}	
Cisarua (Lembang)	27.500	31.900	43.100	220
	X_{31}	114	X_{33}	
Demand (Koli)	0	0	575	1.289

Berdasarkan Tabel 2.9 mengalokasikan produk vaksin dari sumber Cisarua (Lembang) ke daerah tujuan Banten sebanyak 114 koli vaksin, Setelah alokasi dilakukan $supply$ pada sumber Cisarua (Lembang) $a_3 = 220$ belum terpenuhi dan $demand$ pada Banten $b_2 = 0$ sudah terpenuhi, sehingga kolom kedua (b_2) tersebut tidak lagi dipertimbangkan pada tahap berikutnya.

Iterasi IV:

Langkah 5: Selanjutnya hitung Kembali selisih biaya pada baris dan kolom yang masih memiliki $supply$ dan $demand$ yang tersisa. Karena pada Tabel 2.9 sel kosong (X_{ij}) yang tersisa tinggal 2 sel yaitu (X_{23}) dan (X_{33}), maka tidak perlu mencari selisih biaya lagi tetapi langsung mengalokasikan sesuai dengan kebutuhan yang tersisa sebagai berikut:

Pada sel kosong (X_{23}), dibutuhkan alokasi sebanyak 355 koli vaksin.

$$X_{23} = \min(a_2 = 355; b_3 = 575) = 355.$$

Pada sel kosong (X_{33}), dibutuhkan alokasi sebanyak 220 koli vaksin.

$$X_{33} = \min(a_3 = 220; b_3 = 575) = 220.$$



Hasil alokasi pada langkah ini dapat dilihat pada Tabel 2.10 berikut ini:

Tabel 2.10 Hasil Alokasi VAM ke-4

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah	
Pasteur (Bandung)	27.200	31.700	43.200	0
Gatot Subroto (Bandung)	27.300	31.600	42.700	
Cisarua (Lembang)	27.500	31.900	43.100	
Demand (Koli)	0	0	0	1.289

Langkah 6: Dengan demikian seluruh *supply* dan *demand* pada baris dan kolom sudah terpenuhi, maka prosedur metode VAM telah selesai.

Hasil akhir VAM dapat dilihat pada Tabel 2.11 berikut ini:

Tabel 2.11 Hasil Akhir VAM

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah	
Pasteur (Bandung)	27.200	31.700	43.200	600
Gatot Subroto (Bandung)	27.300	31.600	42.700	
Cisarua (Lembang)	27.500	31.900	43.100	
Demand (Koli)	340	374	575	1.289

Berdasarkan Tabel 2.11 dapat dihitung minimal biaya transportasi dengan persamaan (2.1) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Z &= 27.200X_{11} + 31.700X_{12} + 42.700X_{23} + 31.900X_{32} + 43.100X_{33} \\
 &= 27.200(340) + 31.700(260) + 42.700(355) + 31.900(114) + \\
 &\quad 43.100(220) \\
 &= 45.767.100
 \end{aligned}$$

Sehingga, biaya distribusi minimal yang diperoleh menggunakan Metode VAM adalah sebesar Rp 45.767.100.



2. Penyelesaian menggunakan Metode BCE

Prosedur penyelesaian masalah transportasi menggunakan Metode BCE

adalah sebagai berikut:

Langkah 1:

Menyusun persoalan transportasi ke dalam tabel transportasi, lalu menambahkan status untuk setiap baris pada tabel tersebut. Status awal setiap baris adalah *Not Satisfied* (NS). Terbentuk Tabel 2.12 sebagai berikut.

Tabel 2.12 Awal Transportasi BCE

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)	Status
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah		
Pasteur (Bandung)	X_{11} 27.200	X_{12} 31.700	X_{13} 43.200	600	NS
Catot Subroto (Bandung)	X_{21} 27.300	X_{22} 31.600	X_{23} 42.700	355	NS
Cisarua (Lembang)	X_{31} 27.500	X_{32} 31.900	X_{33} 43.100	334	NS
Demand (Koli)	340	374	575	1.289	

Langkah 2: Mengalokasikan semua permintaan (b_j) dari kolom yang mempunyai biaya terkecil pertama atau *first least cost* (FLC) ke dalam sel X_{ij} untuk setiap kolom sebagai berikut:

Pada kolom pertama, biaya terkecil pertama terletak pada sel X_{11} yaitu dengan memiliki biaya sebesar 27.200. sehingga $X_{11} = b_1 = 340$.

Pada kolom kedua, biaya terkecil pertama terletak pada sel X_{22} yaitu dengan memiliki biaya sebesar 31.600. Sehingga $X_{22} = b_2 = 374$.

Pada kolom ketiga, biaya terkecil pertama terletak pada X_{23} yaitu dengan memiliki biaya sebesar 42.700. Sehingga $X_{23} = b_3 = 575$.

Hasil alokasi pada langkah ini dapat dilihat pada Tabel 2.13 berikut ini:



Tabel 2.13 Pengalokasian Barang dari Demand Ke dalam Sel

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)	Status
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah		
Pasteur (Bandung)	27.200	31.700	43.200	600	NS
Gatot Subroto (Bandung)	27.300	31.600	42.700	355	NS
Cisarua (lembang)	27.500	31.900	43.100	334	NS
Demand (Koli)	340	374	575	1.289	

Langkah 3: Periksa setiap baris pada Tabel 2.13, jika total alokasi X_{ij} pada suatu baris melebihi kapasitas sumbernya, maka status NS berubah menjadi status ER. sebagai berikut:

Pada baris pertama $X_{11} < a_1 \rightarrow 340 < 600$. karena total alokasi yang diberikan lebih kecil dibandingkan kapasitas sumber pertama, maka tidak terjadi perubahan status.

Pada baris kedua $X_{22} + X_{23} > a_2 \rightarrow 374 + 575 > 334$. karena total alokasi yang diberikan lebih besar dibandingkan kapasitas sumber kedua, maka statusnya diubah menjadi ER.

Pada baris ketiga tidak ada pengalokasi sehingga tidak ada perubahan status.

Perubahan status pada Langkah ini dapat dilihat pada Tabel 2.14 berikut:

Tabel 2.14 Perubahan Status Pada Tabel Transportasi Tahap 1

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)	Status
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah		
Pasteur (Bandung)	27.200	31.700	43.200	600	NS
Gatot Subroto (Bandung)	27.300	31.600	42.700	355	ER
Cisarua (lembang)	27.500	31.900	43.100	334	NS
Demand (Koli)	340	374	575	1.289	



Langkah 4: Menghitung selisih ($Diff_j$) antara biaya terkecil pertama (FLC_j) dan biaya terkecil kedua (SLC_j) untuk setiap sel yang berstatus ER yang sudah dimasuki

Langkah 5: Menentukan sel selisih terkecil ($Smallest Diff / SD$) dari perhitungan langkah 4 seperti pada Persamaan (2.6). Baris SD ditetapkan sebagai FLR, dan baris

Untuk selisih pada kolom kedua $Diff_2 = SLC_2 - FLC_2 = 31.700 - 31.600 = 100$

Untuk selisih pada kolom ketiga $Diff_3 = SLC_3 - FLC_3 = 43.100 - 42.700 = 400$

Langkah 6: Karena masalah transportasi pada Tabel 2.3 seimbang, maka dilanjutkan ke Langkah 7.

Langkah 7: Memeriksa biaya terkecil pertama ($FLC_2 = 31.600$) tidak sama dengan biaya terkecil kedua ($SLC_2 = 31.700$), dan persediaan terkecil ($LS = 355$) tidak sama dengan persediaan kedua ($SS = 600$), maka dilanjutkan ke Langkah 8.

Langkah 8: Memeriksa status SLR, dan $SLR = C_{12}$ berstatus NS bukan ER, maka dilanjutkan ke Langkah 11.

Langkah 11: Menghitung modulo selisih persediaan atau $Diff Supply$ (DS) dan $Diff_j$, dengan menggunakan Persamaan (2.8) dan (2.9). Diketahui bahwa persediaan kedua ($SS = 600$) dan persediaan terkecil ($LS = 355$), maka didapatkan $Diff Supply$ (DS) sebagai berikut:

$DS = |SS - LS| = |600 - 355| = 245.$

Setelah didapatkan nilai DS selanjutnya modulo dapat dihitung dengan nilai $Diff_2 = 100$ didapat dari perhitungan Langkah 4 sebelumnya, sebagai berikut:

$Modulo \ mod(DS; Diff_2) = mod(245; 100) = 45.$

Karena hasil modulo tidak 0, maka dilanjutkan ke Langkah 9.



Langkah 9: Mengalokasikan jumlah maksimum X_{22} ke FLC_2 , kemudian sisanya pindahkan ke SLC_2 . Berdasarkan Tabel 2.12 baris FLC_2 karena pada baris kedua sudah memiliki pengalokasian yang melebihi jumlah maksimum *supply* di baris kedua (S_2), maka alokasi pada unit X_{22} sebesar 374 dialokasikan semaksimal pada baris 12, dan sisanya tetap pada unit X_{22} .

$\min((a_1 = 600 - 340 = 260), (b_2 = 374)) = 260$, jadi dialokasi pada 260 sisanya tetap pada X_{22} .

Hasil alokasi pada Langkah ini disajikan pada Tabel 2.15 berikut:

Tabel 2.15 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 1

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)	Status
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah		
Pasteur (Bandung)	27.200	31.700	43.200	600	S
Gatot Subroto (Bandung)	27.300	31.600	42.700	355	ER
Cesarua (lembang)	27.500	31.900	43.100	334	NS
Demand (Koli)	340	374	575	1.289	

Berdasarkan Tabel 2.15, dimana pada baris pertama jumlah alokasi di baris tersebut sama dengan jumlah *supply* pada baris pertama, maka status pada baris pertama tersebut berubah menjadi memuaskan (S), tidak dipertimbangkan lagi pada iterasi berikutnya.

Langkah 10: memeriksa total unit FLR (TUFLR) untuk baris kedua, dimana pada baris kedua masih melebihi jumlah *supply* (S_2) maka status pada baris kedua tetap ER, kemudian dilanjutkan ke Langkah 18.

Langkah 18: Karena status ER masih ada, yaitu berada pada baris kedua, maka dilanjutkan ke Langkah 4.

Iterasi II:

Langkah 4: Menghitung kembali selisih ($Diff_j$) antara biaya terkecil pertama (FLC_j) dan biaya terkecil kedua (SLC_j) untuk setiap sel yang berstatus ER yang



sudah dimasuki *demand* yaitu (X_{22} dan X_{23}), dengan menggunakan Persamaan (2.5). Status ER pada baris kedua, sebagai berikut:

Untuk selisih pada kolom kedua $Diff_2 = SLC_2 - FLC_2 = 31.900 - 31.600 = 300$

Untuk selisih pada kolom ketiga $Diff_3 = SLC_3 - FLC_3 = 43.100 - 42.700 = 400$

Langkah 5: Menentukan sel selisih terkecil (Smallest Diff / SD) dari perhitungan Langkah 4 sebelumnya seperti pada persamaan (2.6). Baris SD ditetapkan sebagai SLR, dan baris dari SLC_j ditetapkan sebagai SLR. Karena pada kolom kedua nilai selisih $Diff_2 = 300$ merupakan selisih terkecil, maka pada baris kedua (X_{22}) ditetapkan sebagai SD atau FLR dan baris ketiga (X_{32}) ditetapkan sebagai SLR.

Langkah 6: Karena masalah transportasi pada Tabel 2.3 seimbang, maka dilanjutkan ke Langkah 7.

Langkah 7: Memeriksa biaya terkecil pertama ($FLC_2 = 31.600$) tidak sama dengan biaya terkecil kedua ($SLC_2 = 31.900$), dan persediaan terkecil ($LS = 355$) tidak sama dengan persediaan kedua ($SS = 334$), maka dilanjutkan ke langkah 8.

Langkah 8: Memeriksa status SLR, dan $SLR = C_{32}$ berstatus NS bukan ER, maka dilanjutkan ke Langkah 11.

Langkah 11: Menghitung modulo selisih persediaan atau $Diff Supply$ (DS) serta $Diff_j$, dengan menggunakan Persamaan (2.8) dan (2.9). Diketahui bahwa persediaan kedua ($SS = 334$) dan persediaan terkecil ($LS = 355$), maka didapatkan $Diff Supply$ (DS) sebagai berikut:

$$DS = |SS - LS| = |334 - 355| = -21.$$

Setelah didapatkan nilai DS selanjutnya modulo dapat dihitung dengan nilai $Diff_2 = 300$ didapat dari perhitungan Langkah 4 sebelumnya, sebagai berikut:

$$Modulo \quad mod(DS; Diff_2) = mod(-21; 300) = 279.$$

Karena hasil modulo tidak 0, maka dilanjutkan ke Langkah 9.

Langkah 9: Mengalokasikan jumlah maksimum X_{22} ke FLC_2 , kemudian sisanya pindahkan ke SLC_2 . Berdasarkan Tabel 2.13 baris FLC_2 karena pada baris kedua sudah memiliki pengalokasian yang melebihi jumlah maksimum *supply* dibaris



kedua (S_2), maka seluruh alokasi pada unit X_{22} sebesar 114 dialokasikan semua pada unit X_{32} .

Hasil alokasi pada Langkah ini dapat dilihat pada Tabel 2.16 berikut ini:

Tabel 2.16 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 2

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)	Status
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah		
Pasteur (Bandung)	27.200	31.700	43.200	600	S
Gatot Subroto (Bandung)	27.300	31.600	42.700	355	ER
Cisarua (Lembang)	27.500	31.900	43.100	334	NS
Demand (Koli)	340	374	575	1.289	

Langkah 10: Karena total unit dalam FLR pada baris kedua masih melebihi jumlah supply (S_2) maka status pada baris kedua tetap ER, kemudian dilanjutkan ke langkah 18.

Langkah 18: Karena status ER masih ada, yaitu berada pada baris kedua, maka dilanjutkan ke Langkah 4.

Iterasi III:

Langkah 4: Menghitung kembali selisih ($Diff_j$) antara biaya terkecil pertama (FLC_j) dan biaya terkecil kedua (SLC_j) untuk setiap sel yang berstatus ER yang sudah dimasuki demand, status ER pada baris kedua hanya tersisa satu sel yang sudah dimasuki demand yaitu kolom ketiga:

$$Diff_3 = SLC_3 - FLC_3 = 43.100 - 42.700 = 400$$

Langkah 5: Karena hanya terdapat satu selisih ($Diff_3$), maka langsung dipilih menjadi selisih terkecil. Sehingga pada baris kedua (X_{32}) ditetapkan sebagai SLR atau FLR dan baris ketiga (X_{33}) ditetapkan sebagai SLR.

Langkah 6: Karena masalah transportasi pada Tabel 2.3 seimbang, maka dilanjutkan ke Langkah 7.



Langkah 7: Memeriksa biaya terkecil pertama ($FLC_2 = 42.700$) tidak sama dengan biaya terkecil kedua ($SLC_2 = 43.100$), dan persediaan terkecil ($LS = 355$)

tidak sama dengan persediaan kedua ($SS = 334$), maka dilanjutkan ke Langkah 8.

Langkah 8: Memeriksa status SLR, dan $SLR = C_{33}$ berstatus NS bukan ER, maka dilanjutkan ke Langkah 11.

Langkah 11: Menghitung modulo selisih persediaan atau *Diff Supply* (DS) serta $Diff_3$, dengan menggunakan Persamaan (2.8) dan (2.9). Diketahui bahwa persediaan kedua ($SS = 334$) dan persediaan terkecil ($LS = 355$), maka didapatkan *Diff Supply*. (DS) sebagai berikut:

$$DS = |SS - LS| = |334 - 355| = -21.$$

Setelah didapatkan nilai DS selanjutnya modulo dapat dihitung dengan nilai

$Diff_3 = 400$ didapat dari perhitungan Langkah 4 sebelumnya, sebagai berikut:

$$Modulo = mod(DS; Diff_3) = mod(-21; 400) = 379.$$

Karena hasil modulo tidak 0, maka dilanjutkan ke Langkah 9.

Langkah 9: Mengalokasikan jumlah maksimum X_{23} ke FLC_2 , kemudian sisanya pindahkan ke SLC_2 .

Maksimum $X_{23} = a_2 = 355$ dan sisa $X_{23} = 575 - 355 = 220$.

Maka pengalokasian pada X_{33} sebesar 220 unit.

Hasil alokasi pada Langkah ini dapat dilihat pada Tabel 2.17 berikut ini:

Tabel 2.17 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 3

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)	Status
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah		
Pasteur (Bandung)	27.200	31.700	43.200	600	S
Gatot Subroto (Bandung)	27.300	31.600	42.700	355	ER
Cisarua (lembang)	27.500	31.900	43.100	334	NS
Demand (Koli)	340	374	575	1.289	



Langkah 10: Karena total unit dalam FLR pada baris kedua sama dengan jumlah *supply* pada baris kedua, maka ubah status menjadi Satisfied (S), dan lanjut ke

Langkah 18.

Perubahan status pada Langkah ini ditunjukkan pada Tabel 2.18 berikut:

Tabel 2.18 Hasil Akhir Metode BCE

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)	Status
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah		
Pasteur (Bandung)	27.200	31.700	43.200	600	S
Giatot Subroto (Bandung)	27.300	31.600	42.700	355	S
Cisarua (Lembang)	27.500	31.900	43.100	334	S
Demand (Koli)	340	374	575	1.289	

Langkah 18: Berdasarkan tabel di atas, status ER sudah tidak ada, dan jumlah *supply* dan *demand* sudah terpenuhi maka iterasi akan berhenti. Maka dilanjutkan ke Langkah 19.

Langkah 19: Menghitung total biaya transportasi (*TC*) seperti dengan Persamaan (2.4)

$$\begin{aligned}
 TC &= 27.200X_{11} + 31.700X_{12} + 42.700X_{23} + 31.900X_{32} + 43.100X_{33} \\
 &= 27.200(340) + 31.700(260) + 42.700(355) + 31.900(114) + \\
 &\quad 43.100(220) \\
 &= 45.767.100
 \end{aligned}$$

Sehingga, biaya distribusi minimal yang diperoleh dengan Metode BCE adalah sebesar Rp.45.767.100.

Oleh karena itu, penyelesaian dari kedua metode diatas memperoleh hasil biaya minimal distribusi yang sama yaitu sebesar Rp.45.767.100, dengan tempat pengalokasian barang yang sama antara Metode VAM dan Metode BCE.



3. Uji Optimalisasi dengan Metode *Stepping Stone*

Setelah memperoleh solusi awal dari Metode VAM dan Metode BCE, tahap berikutnya adalah melakukan uji optimalitas menggunakan Metode *Stepping Stone*. Berdasarkan hasil akhir kedua metode tersebut, diperoleh pola pengalokasian yang sama sehingga proses uji optimalitas cukup dilakukan pada salah satu hasil. Langkah awal dalam penerapan Metode *Stepping Stone* yaitu menghitung nilai pada setiap sel non-basis. Berdasarkan Tabel 2.18 digunakan *loop* tertutup pada setiap sel untuk menentukan nilai dan biaya transportasi yang optimal. *Loop* tertutup yang diperoleh ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 2. 19 Hasil Pengujian Metode *Stepping Stone*

Sumber	Tujuan			Supply (Koli)
	Jakarta	Banten	Jawa Tengah	
Pasteur (Bandung)	27.200	31.700	43.200	600
Catot Subroto (Bandung)	27.300	31.600	42.700	355
Cesarua (Lembang)	27.500	31.900	43.100	334
Demand (Koli)	340	374	575	1.289

Berdasarkan hasil pada Tabel 2.18, diperoleh *loop* tertutup (*closed loop*) yang berbentuk dari sel non-basis, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.19 Selanjutnya, proses dilanjutkan dengan melakukan perhitungan terhadap setiap sel non-basis pada Tabel 2.19 untuk menentukan nilai indeks perbaikan. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk memeriksa apakah masih terdapat nilai negatif, yang menandakan bahwa solusi yang ada belum optimal. Rincian proses perhitungan pada setiap sel non-basis disajikan secara lengkap pada tabel berikut.



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 2.20 Hasil Perhitungan Indeks Perbaikan Tabel 2.19

Sel Non-Basis	Loop Tertutup Terdekat	Perhitungan Indeks
X_{13}	$C_{13} - C_{33} + C_{32} - C_{12}$	$43.200 - 43.100 + 31.900 - 31.700 = 300$
X_{21}	$C_{21} - C_{11} + C_{12} - C_{32} + C_{33} - C_{23}$	$27.300 - 27.200 + 31.700 - 31.900 + 43.100 - 42.700 = 300$
X_{22}	$C_{22} - C_{23} + C_{33} - C_{32}$	$31.600 - 42.700 + 43.100 - 31.900 = 100$
X_{31}	$C_{31} - C_{11} + C_{12} - C_{32}$	$27.500 - 27.200 + 31.700 - 31.900 = 100$

Hasil perhitungan indeks perbaikan sel non-basis pada Tabel 2.20, diperoleh bahwa seluruh nilai indeks perbaikan tidak ditemukan adanya nilai negatif. Kondisi ini menunjukkan bahwa solusi yang diperoleh dengan Metode VAM dan BCE telah optimal. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa dengan Metode VAM dan BCE, yang kemudian diuji optimalisasi dengan Metode *Stepping Stone*, menghasilkan biaya transportasi minimum dari tiga gudang menuju tiga lokasi tujuan pengiriman sebesar Rp. 45.767.100.-.

Berikut disajikan hasil solusi fisibel awal dan uji optimalisasi dari kedua metode dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.21 Hasil Perhitungan Metode VAM dan Metode BCE

Metode	Solusi Fisibel Awal	Uji Optimalisasi
Vogel's Approximation Method (VAM)	Rp. 45.767.100,00	Rp.45.767.100,00
Metode Bilqis Chastine Erma (BCE)	Rp. 45.767.100,00	Rp.45.767.100,00

Sehingga penyelesaian dengan Metode VAM dan BCE, menghasilkan solusi fisibel awal yang sama yaitu Rp. 45.767.100,00. Setelah uji optimalisasi dengan menggunakan metode *Stepping Stone*, Metode VAM dan BCE tersebut optimal dengan biaya sebesar Rp. 45.767.100,00.



BAB III

METODE PENELITIAN

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Metode penelitian yang digunakan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah metode penelitian kepustakaan dimana bersumber dari buku-buku dan jurnal ilmiah yang berkaitan dengan penelitian ini.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Pengambilan data dari penelitian [19], membahas tentang masalah biaya transportasi pada pendistribusian pupuk yang memiliki 4 sumber dan 4 wilayah tujuan.

Menyusun tabel transportasi dari data yang diperoleh.

Membuat model transportasi.

Menyelesaikan model transportasi dengan menggunakan *Vogel's Approximation Method* (VAM) dan metode Bilqis Chastine Erma (BCE).

a. Penyelesaian menggunakan *Vogel's Approximation Method* (VAM).

Langkah-langkah *Vogel's Approximation Method* (VAM) sebagai berikut:

- 1) Menghitung selisih biaya (*penalty cost*) antara dua biaya terkecil pada setiap baris dan setiap kolom tabel transportasi.
- 2) Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi baris atau kolom yang memiliki selisih biaya terbesar untuk menentukan prioritas alokasi pada proses perhitungan awal.
- 3) Mengalokasikan sebanyak mungkin pada sel dengan biaya terkecil pada baris atau kolom yang dipilih, alokasi ditentukan oleh *supply* dan *demand* yang tersedia.
- 4) Mengurangi *supply* dan *demand* sesuai dengan alokasi yang dilakukan. Jika persediaan sudah habis, baris tersebut dihapus dari pertimbangan selanjutnya. Jika permintaan sudah terpenuhi, kolom tersebut dihapus dari pertimbangan selanjutnya.
- 5) Mengulangi Kembali Langkah 1-4 hingga semua *demand* dan *supply* terpenuhi.



- 6) Setelah semua sel terisi, diperoleh solusi awal yang layak, kemudian dilanjutkan dengan uji optimalisasi menggunakan metode *Stepping-*

Stone.

- b. Penyelesaian menggunakan metode Bilqis Chastine Erma (BCE).

Langkah-langkah metode Bilqis Chastine Erma (BCE) sebagai berikut:

- 1) Menyusun masalah transportasi kedalam tabel transportasi, lalu menambahkan status untuk setiap baris pada tabel tersebut. Status awal setiap baris adalah *Not Satisfied* (NS).
- 2) Mengalokasikan permintaan b_j dari kolom ke- j ke dalam X_{ij} di mana C_{ij} merupakan biaya terkecil pertama atau *first least cost* (FLC) pada kolom tersebut.
- 3) Jika total alokasi X_{ij} pada baris i (TA_i) melebihi *suplly* (a_i) maka baris tersebut berubah status menjadi *excess row* (ER). ER merupakan baris di mana permintaan melebihi *suplly* sehingga kelebihan unit harus dipindahkan dari FLC ke biaya terkecil kedua atau *Second Least Cost* (SLC).
- 4) Menghitung perbedaan selisih ($Diff_j$) antara FLC_j dan SLC_j untuk setiap sel yang berstatus ER.
- 5) Menentukan sel selisih terkecil atau *Smallest Diff* (SD) dari selisih ($Diff_j$). Baris SD ditetapkan sebagai baris terkecil pertama atau *First Least Row* (FLR), sedangkan baris dari SLC_j ditetapkan sebagai baris terkecil kedua atau *Second Least Row* (SLR).
- 6) Apabila masalah transportasi seimbang, lanjutkan ke Langkah 7. Jika tidak, maka ke Langkah 17.
- 7) Jika $FLC_j \neq SLC_j$ dan sumber terkecil atau *Least Supply* (LS) \neq sumber kedua atau *Second Supply* (SS), maka proses berlanjut ke langkah 8. Jika kondisi tidak terpenuhi, lanjutkan ke Langkah 15.
- 8) Memeriksa status SLR. Jika SLR berstatus ER, maka ke langkah 9. Jika tidak, lanjutkan ke Langkah 11.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- 9) Mengalokasikan unit maksimum X_{ij} ke FLC_j , kemudian sisanya pindahkan ke SLC_j .
- 10) Apabila total unit FLR (TUFLR) sama dengan kapasitas *supply* FLR, maka baris FLR dianggap selesai (*Satisfied* / S), tidak dipertimbangkan lagi pada iterasi berikutnya, lalu lanjut ke Langkah 18.
- 11) Menghitung modulo selisih persediaan atau *Diff Supply* (DS) serta $Diff_j$. Jika hasil operasi modulo = 0, maka proses dilanjutkan ke Langkah 12. Jika tidak, lanjutkan ke Langkah 9.
- 12) Menghitung total biaya baris terkecil pertama atau *Total Cost of First Least Row* (TCFLR) dan total biaya baris terkecil kedua atau *Total Cost of Second Least Row* (TCSLR). Jika TCFLR > TCSLR, lanjutkan ke Langkah 9. Jika tidak, lanjutkan ke Langkah 13.
- 13) Mengalokasikan unit maksimum X_{ij} dari selisih terkecil (SD) ke SLC_j , sisanya tetap berada di SD.
- 14) Jika total unit SLR (TUSLR) pada baris ke- i sama dengan *supply* SS, maka baris SLR dinyatakan selesai (*Satisfied*), kemudian dilanjutkan ke Langkah 18.
- 15) Jika $FLC_j \neq SLC_j$ dan $LS = SS$, maka lanjutkan ke Langkah 9.
- 16) Jika $FLC_j = SLC_j$, hitung kembali TCFLR dan TCSLR. Jika TCFLR > TCSLR, lanjutkan ke Langkah 9. Jika tidak, pindahkan semua alokasi X_{ij} dari FLC_j ke SLC_j , kemudian ganti FLC_j dengan SLC_j menjadi SLC_j dengan biaya terkecil berikutnya.
- 17) Untuk kasus transportasi yang tidak seimbang, maka prosedur berikut dapat dilakukan:
 - a) Memeriksa status SLR. Jika berstatus ER, kembali ke Langkah 9.
 - b) Jika jumlah unit pada FLR yang tersisa (TUNFLR) lebih besar dari *supply* baris LR, lanjut ke Langkah 13. Jika tidak, kembali ke Langkah 9.
- 18) Jika hanya tersisa satu baris dengan status NS dan tidak ada ER, maka lanjutkan ke Langkah 19, jika tidak lanjutkan ke Langkah 4.



- 19) Proses iterasi berakhir ketika *suplly* dan permintaan terpenuhi tanpa ada baris dengan status ER, selanjutnya menghitung total biaya transportasi (TC).

Melakukan uji optimalisasi dengan Metode *Stepping Stone*.
 Mendapatkan solusi optimal dalam pendistribusian barang.
 Membuat kesimpulan dan saran.

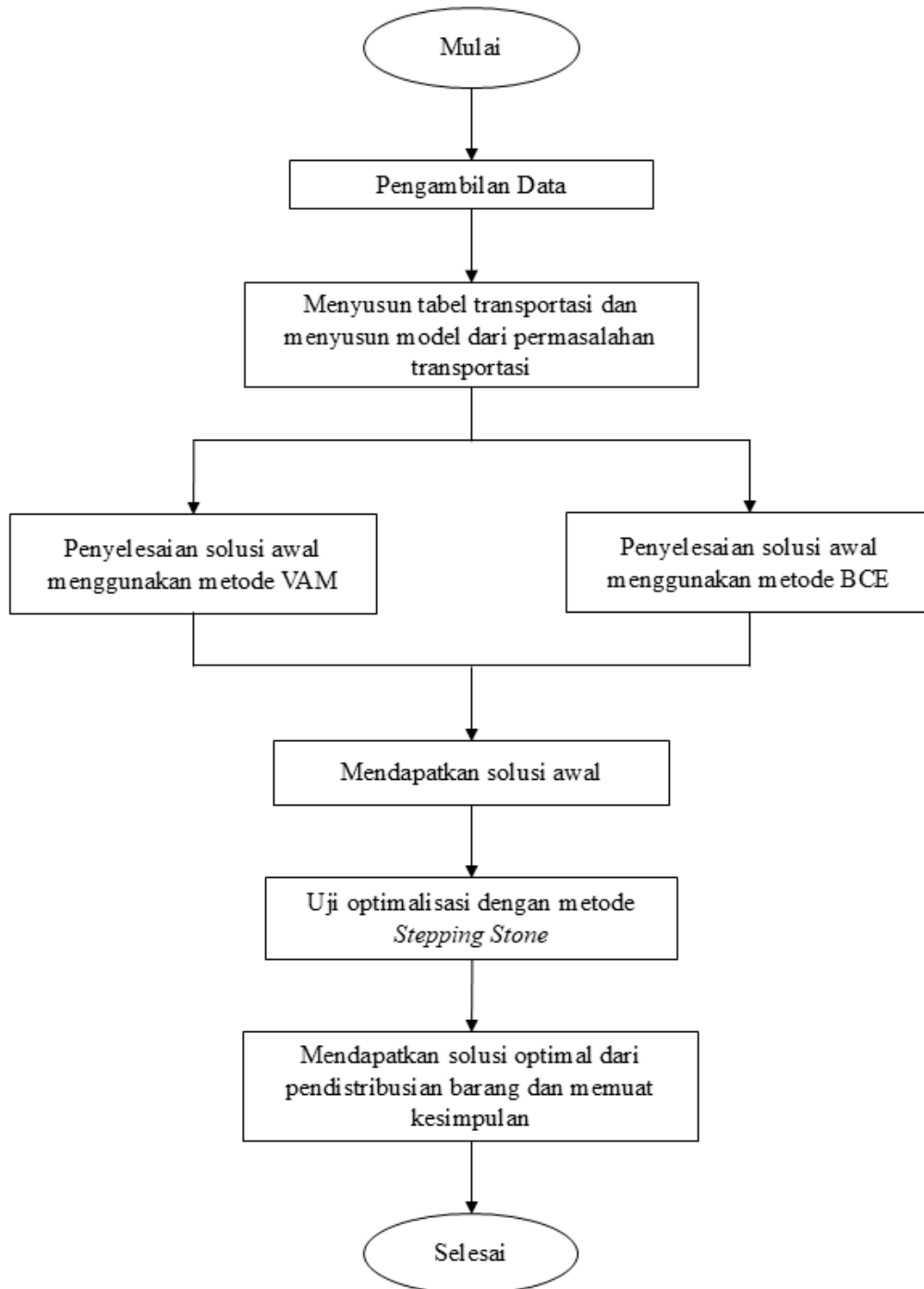
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





Rangkaian penelitian pada Tugas Akhir ini diuraikan dalam *flow chart* berikut:



Gambar 3. 1 *Flow chart* Penelitian



Data biaya pendistribusian pupuk (dalam ribuan/sak) pada Toko Ma'77 Kecamatan Bengalon dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Data Biaya Pendistribusian Pupuk (ribuan/sak)

Sumber Gudang Pupuk	Tujuan			
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun
Phonska	12	27	17	14
Mutiara Tani	15	30	20	15
Green Subur	10	25	15	12,5
Urea Granul	8	18	13	10

Sumber: [19]

Berdasarkan data-data tersebut, akan dilakukan pengoptimalan biaya transportasi pada distribusi pupuk dengan menggunakan Metode VAM dan BCE. Selanjutnya, uji optimalisasi menggunakan Metode *Stepping Stone*.

2.2 Model Transportasi Pendistribusian Pupuk pada Toko Ma'77 Kecamatan Bengalon

Model transportasi pendistribusian pupuk pada Toko Ma'77 Kecamatan Bengalon terdapat variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi kendala.

Tabel Transportasi

Berdasarkan Tabel 4.1, Tabel 4.2 dan Tabel 4.3, maka pendistribusian pupuk dapat disajikan ke dalam tabel transportasi sebagai berikut:

Tabel 4.4 Awal Transportasi (dalam ribu rupiah)

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun	
Gudang pupuk Phonska	12 X_{11}	27 X_{12}	17 X_{13}	14 X_{14}	100
Gudang pupuk Mutiara Tani	15 X_{21}	30 X_{22}	20 X_{23}	15 X_{24}	200
Gudang pupuk Green Subur	10 X_{31}	25 X_{32}	15 X_{33}	12,5 X_{34}	140
Gudang pupuk Urea Granul	8 X_{41}	18 X_{42}	13 X_{43}	10 X_{44}	80
Demand (Sak)	160	100	140	120	520



Variabel Keputusan

Berikut disajikan variabel keputusan sesuai dengan tabel transportasi di atas:

- X_{11} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Phonska ke Kec. Kaliorang;
- X_{12} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Phonska ke Kec. Sandaran;
- X_{13} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Phonska ke Kec. Karangan;
- X_{14} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Phonska ke Kec. Kaibun;
- X_{21} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Mutiara Tani ke Kec. Kaliorang;
- X_{22} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Mutiara Tani ke Kec. Sandaran;
- X_{23} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Mutiara Tani ke Kec. Karangan;
- X_{24} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Mutiara Tani ke Kec. Kaibun;
- X_{31} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Green Subur ke Kec. Kaliorang;
- X_{32} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Green Subur ke Kec. Sandaran;
- X_{33} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Green Subur ke Kec. Karangan;
- X_{34} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Green Subur ke Kec. Kaibun;
- X_{41} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Urea Granul ke Kec. Kaliorang;
- X_{42} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Urea Granul ke Kec. Sandaran;
- X_{43} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Urea Granul ke Kec. Karangan;
- X_{44} : Banyaknya pupuk yang dikirim dari G Urea Granul ke Kec. Kaibun;

Model Transportasi

Fungsi tujuan

$$\text{Minimalkan } Z = 12.000X_{11} + 27.000X_{12} + 17.000X_{13} + 14.000X_{14} + 15.000X_{21} + 30.000X_{22} + 20.000X_{23} + 15.000X_{24} + 10.000X_{31} + 25.000X_{32} + 15.000X_{33} + 12.500X_{34} + 8.000X_{41} + 18.000X_{42} + 13.000X_{43} + 10.000X_{44}$$

Fungsi kendala

$$\begin{aligned} \text{Persediaan: } X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} &= 100; \\ X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} &= 200; \\ X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} &= 140; \\ X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} &= 80. \end{aligned}$$



Permintaan: $X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} = 160;$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} = 100;$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} = 140;$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44} = 120.$$

Penyelesaian Solusi Awal Menggunakan Metode VAM

Prosedur penyelesaian masalah transportasi menggunakan Metode VAM adalah sebagai berikut:

Iterasi I:

Langkah 1: Menghitung selisih biaya setiap baris dan kolom, selisih biaya diperoleh dari selisih antara dua biaya terkecil dalam setiap baris dan kolom tersebut. Berdasarkan Tabel 4.4 didapat perhitungan seperti berikut:

Pada baris pertama biaya terkecil pertama terletak pada $C_{11} = 12$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{14} = 14$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu $C_{14} - C_{11} = 14 - 12 = 2$.

Pada baris kedua biaya terkecil pertama terletak pada $C_{21} = 15$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{24} = 15$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu $C_{24} - C_{21} = 15 - 15 = 0$.

Pada baris ketiga biaya terkecil pertama terletak pada $C_{31} = 10$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{34} = 12,5$ sehingga, di dapat selisih biaya $C_{34} - C_{31} = 12,5 - 10 = 2,5$.

Pada baris keempat biaya terkecil pertama terletak pada $C_{41} = 8$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{44} = 10$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu $C_{44} - C_{41} = 10 - 8 = 2$.

Pada kolom pertama biaya terkecil pertama terletak pada $C_{41} = 8$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{31} = 10$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu $C_{31} - C_{41} = 10 - 8 = 2$.

Pada kolom kedua biaya terkecil pertama terletak pada $C_{42} = 18$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{32} = 25$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu $C_{32} - C_{42} = 25 - 18 = 7$.



Pada kolom ketiga biaya terkecil pertama terletak pada $C_{43} = 13$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{33} = 15$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{33} - C_{43} = 15 - 13 = 2.$$

Pada kolom keempat biaya terkecil pertama terletak pada $C_{44} = 10$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{34} = 12,5$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{34} - C_{44} = 12,5 - 10 = 2,5.$$

Hasil perhitungan selisih biaya setiap baris dan kolom dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini:

Tabel 4.5 Selisih Biaya VAM ke-1 (dalam ribu rupiah)

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)	Selisih Biaya
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun		
Gudang Phonska	12 X_{11}	27 X_{12}	17 X_{13}	14 X_{14}	100	2
Gudang Mutiara	15 X_{21}	30 X_{22}	20 X_{23}	15 X_{24}	200	0
Gudang Green	10 X_{31}	25 X_{32}	15 X_{33}	12,5 X_{34}	140	2,5
Gudang Urea	8 X_{41}	18 X_{42}	13 X_{43}	10 X_{44}	80	2
Demand (Sak)	160	100	140	120	520	
Selisih Biaya	2	7	2	2,5		

Langkah 2: Memilih baris atau kolom yang memiliki selisih biaya terbesar. Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.5, kolom kedua memiliki selisih biaya paling besar yaitu 7.

Langkah 3: Selanjutnya dapat dialokasikan sebanyak mungkin pada sel kosong (X_{ij}) yang memiliki biaya terkecil pada kolom kedua tersebut. Dalam kolom kedua sel X_{42} memiliki biaya terkecil yaitu 18, dan jumlah terbanyak yang dapat dialokasikan pada X_{42} adalah 80 didapat dari perhitungan seperti berikut:

$$X_{42} = \min(a_4 = 80; b_1 = 100) = 80.$$

Langkah 4: Setelah memberi alokasi, selanjutnya mengurangi jumlah persediaan dan permintaan sesuai dengan jumlah alokasi yang dilakukan. Untuk persediaan a_4



berkurang dari 80 menjadi 0, artinya sudah terpenuhi, sedangkan permintaan b_2 berkurang dari 100 menjadi 20, sehingga masih tersisa, karena persediaan a_4 sudah terpenuhi, maka baris a_4 tersebut dihapus dari pertimbangan selanjutnya.

Hasil alokasi pada langkah ini dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4.6 Hasil Alokasi VAM ke-1 (dalam ribu rupiah)

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaibun	
Gudang Phonska	X_{11} 12	X_{12} 27	X_{13} 17	X_{14} 14	100
Gudang Mutiara	X_{21} 15	X_{22} 30	X_{23} 20	X_{24} 15	200
Gudang Green	X_{31} 10	X_{32} 25	X_{33} 15	X_{34} 12,5	140
Gudang Urea	X_{41} 8	X_{42} 18	X_{43} 13	X_{44} 10	0
Demand (Sak)	160	20	140	120	520

Langkah 5: Ulangi Langkah 1 – 4 hingga semua a_i dan b_j terpenuhi.

Iterasi II:

Langkah 1: Menghitung ulang selisih biaya setiap baris dan kolom yang tersisa, berdasarkan Tabel 4.6 selisih biaya yang tersisa adalah sebagai berikut:

Pada baris pertama biaya terkecil pertama terletak pada $C_{11} = 12$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{14} = 14$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu $C_{14} - C_{11} = 14 - 12 = 2$.

Pada baris kedua biaya terkecil pertama terletak pada $C_{21} = 15$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{24} = 15$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu $C_{24} - C_{21} = 15 - 15 = 0$.

Pada baris ketiga biaya terkecil pertama terletak pada $C_{31} = 10$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{34} = 12,5$ sehingga, di dapat selisih biaya $C_{34} - C_{31} = 12,5 - 10 = 2,5$.



Pada kolom pertama biaya terkecil pertama terletak pada $C_{31} = 10$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{11} = 12$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{11} - C_{31} = 12 - 10 = 2.$$

Pada kolom kedua biaya terkecil pertama terletak pada $C_{32} = 25$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{12} = 27$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{12} - C_{32} = 27 - 25 = 2.$$

Pada kolom ketiga biaya terkecil pertama terletak pada $C_{33} = 15$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{13} = 17$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{13} - C_{33} = 17 - 15 = 2.$$

Pada kolom keempat biaya terkecil pertama terletak pada $C_{34} = 12,5$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{14} = 14$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu $C_{34} - C_{14} = 14 - 12,5 = 1,5$.

Hasil perhitungan selisih biaya setiap baris dan kolom dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini:

Tabel 4.7 Selisih Biaya VAM ke-2 (dalam ribu rupiah)

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)	Selisih Biaya
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun		
Gudang Phonska	12 X_{11}	27 X_{12}	17 X_{13}	14 X_{14}	100	2
Gudang Mutiara	15 X_{21}	30 X_{22}	20 X_{23}	15 X_{24}	200	0
Gudang Green	10 X_{31}	25 X_{32}	15 X_{33}	12,5 X_{34}	140	2,5
Gudang Urea	8 X_{41}	18 80	13 X_{43}	10 X_{44}	0	-
Demand (Sak)	160	20	140	120	520	
Selisih Biaya	2	2	2	1,5		

Langkah 2: Memilih baris atau kolom yang memiliki selisih biaya terbesar. Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.7, baris ketiga memiliki selisih biaya paling besar yaitu 2,5.



Langkah 3: Selanjutnya dapat dialokasikan sebanyak mungkin pada sel kosong (X_{ij}) yang memiliki biaya terkecil pada baris ketiga tersebut. Dalam baris ketiga

sel X_{31} memiliki biaya terkecil yaitu 10, dan jumlah terbanyak yang dapat dialokasikan pada X_{31} adalah 140 didapat dari perhitungan seperti berikut:

$$\min(a_3 = 140; b_1 = 160) = 140.$$

Langkah 4: Setelah memberi alokasi, selanjutnya mengurangi jumlah persediaan dan permintaan sesuai dengan jumlah alokasi yang dilakukan. Untuk persediaan a_3 berkurang dari 140 menjadi 0, artinya sudah terpenuhi, sedangkan permintaan b_1 berkurang dari 160 menjadi 20, sehingga masih tersisa, karena persediaan a_3 sudah terpenuhi, maka baris a_3 tersebut dihapus dari pertimbangan selanjutnya.

Hasil alokasi pada langkah ini dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini:

Tabel 4.8 Hasil Alokasi VAM ke-2 (dalam ribu rupiah)

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun	
Gudang Phonska	12 X_{11}	27 X_{12}	17 X_{13}	14 X_{14}	100
Gudang Mutiara	15 X_{21}	30 X_{22}	20 X_{23}	15 X_{24}	200
Gudang Green	10 140	25 X_{32}	15 X_{33}	12,5 X_{34}	0
Gudang Urea	8 X_{41}	18 80	13 X_{43}	10 X_{44}	0
Demand (Sak)	20	20	140	120	520

Langkah 5: Ulangi Langkah 1 – 4 hingga semua a_i dan b_j terpenuhi.

Iterasi III:

Langkah 1: Menghitung ulang selisih biaya setiap baris dan kolom yang tersisa, berdasarkan Tabel 4.8 selisih biaya yang tersisa adalah seperti berikut:

Pada baris pertama biaya terkecil pertama terletak pada $C_{11} = 12$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{14} = 14$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{14} - C_{11} = 14 - 12 = 2.$$



Pada baris kedua biaya terkecil pertama terletak pada $C_{21} = 15$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{24} = 15$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{24} - C_{21} = 15 - 15 = 0.$$

Pada kolom pertama biaya terkecil pertama terletak pada $C_{11} = 12$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{21} = 15$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu $C_{21} - C_{11} = 15 - 12 = 3$.

Pada kolom kedua biaya terkecil pertama terletak pada $C_{12} = 27$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{22} = 30$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu $C_{22} - C_{12} = 30 - 27 = 3$.

Pada kolom ketiga biaya terkecil pertama terletak pada $C_{13} = 17$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{23} = 20$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu $C_{23} - C_{13} = 20 - 17 = 3$.

Pada kolom keempat biaya terkecil pertama terletak pada $C_{14} = 14$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{24} = 15$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu $C_{24} - C_{14} = 15 - 14 = 1$.

Hasil perhitungan selisih biaya setiap baris dan kolom dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut ini:

Tabel 4.9 Selisih Biaya VAM ke-3 (dalam ribu rupiah)

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)	Selisih Biaya
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun		
Gudang Phonska	12 X_{11}	27 X_{12}	17 X_{13}	14 X_{14}	100	2
Gudang Mutiara	15 X_{21}	30 X_{22}	20 X_{23}	15 X_{24}	200	0
Gudang Green	10 140	25 X_{32}	15 X_{33}	12,5 X_{34}	0	-
Gudang Urea	8 X_{41}	18 80	13 X_{43}	10 X_{44}	0	-
Demand (Sak)	20	20	140	120	520	
Selisih Biaya	3	3	3	1		

Langkah 2: Memilih baris atau kolom yang memiliki selisih biaya terbesar. Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.9, kolom pertama, kedua dan ketiga memiliki selisih



biaya paling besar yaitu 3, karena memiliki selisih yang sama maka dipilih kolom pertama.

Langkah 3: Selanjutnya dapat dialokasikan sebanyak mungkin pada sel kosong (X_{ij}) yang memiliki biaya terkecil pada kolom pertama tersebut. Dalam kolom pertama sel X_{11} memiliki biaya terkecil yaitu 12, dan jumlah terbanyak yang dapat dialokasikan pada X_{11} adalah 20 didapat dari perhitungan seperti berikut:

$$\min(a_1 = 100; b_1 = 20) = 20.$$

Langkah 4: Setelah memberi alokasi, selanjutnya mengurangi jumlah persediaan persediaan sesuai dengan jumlah alokasi yang dilakukan. Untuk persediaan a_1 berkurang dari 100 menjadi 80, sehingga masih tersisa, sedangkan permintaan b_1 berkurang dari 20 menjadi 0, artinya sudah terpenuhi, karena permintaan b_1 sudah terpenuhi, maka kolom b_1 tersebut dihapus dari pertimbangan selanjutnya.

Hasil alokasi pada langkah ini dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini:

Tabel 4.10 Hasil Alokasi VAM ke-3 (dalam ribu rupiah)

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun	
Gudang Phonska	12 20	27 X_{12}	17 X_{13}	14 X_{14}	80
Gudang Mutiara	15 X_{21}	30 X_{22}	20 X_{23}	15 X_{24}	200
Gudang Green	10 140	25 X_{32}	15 X_{33}	12,5 X_{34}	0
Gudang Urea	8 X_{41}	18 80	13 X_{43}	10 X_{44}	0
Demand (Sak)	0	20	140	120	520

Langkah 5: Ulangi Langkah 1 – 4 hingga semua a_i dan b_j terpenuhi.

Iterasi IV

Langkah 1: Menghitung ulang selisih biaya setiap baris dan kolom yang tersisa, berdasarkan Tabel 4.10 selisih biaya yang tersisa adalah sebagai berikut:



Pada baris pertama biaya terkecil pertama terletak pada $C_{14} = 14$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{13} = 17$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{13} - C_{14} = 17 - 14 = 3.$$

Pada baris kedua biaya terkecil pertama terletak pada $C_{24} = 15$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{23} = 20$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{23} - C_{24} = 20 - 15 = 5.$$

Pada kolom kedua biaya terkecil pertama terletak pada $C_{12} = 27$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{22} = 30$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{22} - C_{12} = 30 - 27 = 3.$$

Pada kolom ketiga biaya terkecil pertama terletak pada $C_{13} = 17$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{23} = 20$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{23} - C_{13} = 20 - 17 = 3.$$

Pada kolom keempat biaya terkecil pertama terletak pada $C_{14} = 14$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{24} = 15$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{24} - C_{14} = 15 - 14 = 1.$$

Hasil perhitungan selisih biaya setiap baris dan kolom dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut ini:

Tabel 4.11 Selisih Biaya VAM ke-4

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)	Selisih Biaya
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun		
Gudang Phonska	12 20	27 X_{12}	17 X_{13}	14 X_{14}	80	3
Gudang Mutiara	15 X_{21}	30 X_{22}	20 X_{23}	15 X_{24}	200	5
Gudang Green	10 140	25 X_{32}	15 X_{33}	12,5 X_{34}	0	-
Gudang Urea	8 X_{41}	18 80	13 X_{43}	10 X_{44}	0	-
Demand (Sak)	0	20	140	120	520	
Selisih Biaya	-	3	3	1		



Langkah 2: Memilih baris atau kolom yang memiliki selisih biaya terbesar. Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.11, baris kedua memiliki selisih biaya paling besar yaitu 5.

Langkah 3: Selanjutnya dapat dialokasikan sebanyak mungkin pada sel kosong yang memiliki biaya terkecil pada baris kedua tersebut. Dalam baris kedua sel yang memiliki biaya terkecil yaitu 15, dan jumlah terbanyak yang dapat dialokasikan adalah 120 didapat dari perhitungan seperti berikut:

$$\min(a_2 = 200; b_4 = 120) = 120.$$

Langkah 4: Setelah memberi alokasi, selanjutnya mengurangi jumlah persediaan dan permintaan sesuai dengan jumlah alokasi yang dilakukan. Untuk persediaan a_2 berkurang dari 200 menjadi 80, sehingga masih tersisa, sedangkan permintaan b_4 berkurang dari 120 menjadi 0, artinya sudah terpenuhi, karena permintaan b_4 sudah terpenuhi, maka kolom b_4 tersebut dihapus dari pertimbangan selanjutnya.

Hasil alokasi pada langkah ini dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut ini:

Tabel 4.12 Hasil Alokasi VAM ke-4 (dalam ribu rupiah)

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun	
Gudang Phonska	12	27	17	14	80
	20	X_{12}	X_{13}	X_{14}	
Gudang Mutiara	15	30	20	15	80
	X_{21}	X_{22}	X_{23}	120	
Gudang Green	10	25	15	12,5	0
	140	X_{32}	X_{33}	X_{34}	
Gudang Urea	8	18	13	10	0
	X_{41}	80	X_{43}	X_{44}	
Demand (Sak)	0	20	140	0	520

Langkah 5: Ulangi Langkah 1 – 4 hingga semua a_i dan b_j terpenuhi.

Iterasi V:

Langkah 1: Menghitung ulang selisih biaya setiap baris dan kolom yang tersisa, berdasarkan Tabel 4.12 selisih biaya yang tersisa adalah sebagai berikut:



Pada baris pertama biaya terkecil pertama terletak pada $C_{13} = 17$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{12} = 27$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{12} - C_{13} = 27 - 17 = 10.$$

Pada baris kedua biaya terkecil pertama terletak pada $C_{23} = 20$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{22} = 30$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{22} - C_{23} = 30 - 20 = 10.$$

Pada kolom kedua biaya terkecil pertama terletak pada $C_{12} = 27$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{22} = 30$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{22} - C_{12} = 30 - 27 = 3.$$

Pada kolom ketiga biaya terkecil pertama terletak pada $C_{13} = 17$ dan biaya terkecil kedua terletak pada $C_{23} = 20$ sehingga, di dapat selisih biaya yaitu

$$C_{23} - C_{13} = 20 - 17 = 3.$$

Hasil perhitungan selisih biaya setiap baris dan kolom dapat dilihat pada tabel 4.13 berikut ini:

Tabel 4.13 Selisih Biaya VAM ke-5

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)	Selisih Biaya
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun		
Gudang Phonska	12 20	27 X_{12}	17 X_{13}	14 X_{14}	80	10
Gudang Mutiara	15 X_{21}	30 X_{22}	20 X_{23}	15 120	80	10
Gudang Green	10 140	25 X_{32}	15 X_{33}	12,5 X_{34}	0	-
Gudang Urea	8 X_{41}	18 80	13 X_{43}	10 X_{44}	0	-
Demand (Sak)	0	20	140	0	520	
Selisih Biaya	-	3	3	-		

Langkah 2: Memilih baris atau kolom yang memiliki selisih biaya terbesar. Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.13, baris pertama, dan baris kedua memiliki selisih biaya paling besar yaitu 10, karena memiliki selisih yang sama maka dipilih baris pertama.



Langkah 3: Selanjutnya dapat dialokasikan sebanyak mungkin pada sel kosong (X_{ij}) yang memiliki biaya terkecil pada baris pertama tersebut. Dalam baris

pertama sel X_{13} memiliki biaya terkecil yaitu 17, dan jumlah terbanyak yang dapat dialokasikan pada X_{13} adalah 80 didapat dari perhitungan seperti berikut:

$$\min(a_1 = 80; b_3 = 140) = 80.$$

Langkah 4: Setelah memberi alokasi, selanjutnya mengurangi jumlah persediaan dan permintaan sesuai dengan jumlah alokasi yang dilakukan. Untuk persediaan a_1 berkurang dari 80 menjadi 0, artinya sudah terpenuhi, sedangkan permintaan b_3 berkurang dari 140 menjadi 60, sehingga masih tersisa, karena persediaan a_1 sudah terpenuhi maka baris a_1 tersebut dihapus dari pertimbangan selanjutnya.

Hasil alokasi pada langkah ini dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut ini:

Tabel 4.14 Hasil Alokasi VAM ke-5 (dalam ribu rupiah)

Sumber	Tujuan								Supply (Sak)
	Kec. Kaliorang		Kec. Sandaran		Kec. Karangan		Kec. Kaubun		
Gudang Phonska	20	12	X_{12}	27	80	17	X_{14}	14	0
Gudang Mutiara	X_{21}	15	X_{22}	30	X_{23}	20	120	15	80
Gudang Green	140	10	X_{32}	25	X_{33}	15	X_{34}	12,5	0
Gudang Urea	X_{41}	8	80	18	X_{43}	13	X_{44}	10	0
Demand (Sak)	0		20		60		0		520

Iterasi VI

Langkah 5: Selanjutnya menghitung kembali selisih biaya pada setiap baris dan kolom yang tersisa. Namun, karena pada Tabel 4.14 sel kosong (X_{ij}) yang tersisa tinggal 2 sel yaitu sel (X_{22}) dan (X_{23}) maka tidak perlu mencari selisih biaya lagi tetapi langsung mengalokasikan sesuai dengan kebutuhan yang tersisa. Alokasi sebagai berikut:



a. Pada sel kosong (X_{22}), dibutuhkan alokasi sebanyak 20 sak pupuk.

$$X_{22} = \min(a_2 = 80; b_2 = 20) = 20.$$

b. Dan pada sel kosong (X_{23}), dibutuhkan alokasi sebanyak 60 sak pupuk,

$$X_{23} = \min(a_2 = 80; b_2 = 60) = 60.$$

Hasil alokasi pada langkah ini dapat dilihat pada Tabel 2.15 berikut ini:

Tabel 4.15 Hasil Alokasi VAM ke-6 (dalam ribu rupiah)

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun	
Gudang Phonska	12	27	17	14	0
	20	X_{12}	80	X_{14}	
Gudang Mutiara	15	30	20	15	0
	X_{21}	20	60	120	
Gudang Green	10	25	15	12,5	0
	140	X_{32}	X_{33}	X_{34}	
Gudang Urea	8	18	13	10	0
	X_{41}	80	X_{43}	X_{44}	
Demand (Sak)	0	0	0	0	520

Langkah 6: Dengan demikian seluruh *supply* dan *demand* pada baris dan kolom sudah terpenuhi, maka prosedur metode VAM telah selesai.

Hasil akhir VAM dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut ini:

Tabel 4.16 Hasil Akhir VAM (dalam ribu rupiah)

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun	
Gudang Phonska	12	27	17	14	100
	20	X_{12}	80	X_{14}	
Gudang Mutiara	15	30	20	15	200
	X_{21}	20	60	120	
Gudang Green	10	25	15	12,5	140
	140	X_{32}	X_{33}	X_{34}	
Gudang Urea	8	18	13	10	80
	X_{41}	80	X_{43}	X_{44}	
Demand (Sak)	160	100	140	120	520



Berdasarkan Tabel 2.11 dapat dihitung minimal biaya transportasi dengan Persamaan (2.1) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z &= 12.000X_{11} + 17.000X_{13} + 30.000X_{22} + 20.000X_{23} + 15.000X_{24} + \\ & 10.000X_{31} + 18.000X_{42} \\ &= 12.000(20) + 17.000(80) + 30.000(20) + 20.000(60) + \\ & 15.000(120) + 10.000(140) + 18.000(80) \\ &= 8.040.000. \end{aligned}$$

Jadi biaya minimal transportasi yang diperoleh menggunakan Metode VAM adalah sebesar Rp 8.040.000.

4.4 Penyelesaian Solusi Awal Menggunakan Metode BCE

Prosedur penyelesaian masalah transportasi menggunakan Metode BCE adalah sebagai berikut:

Iterasi I:

Langkah 1: Menyusun persoalan transportasi ke dalam tabel transportasi, lalu menambahkan status untuk setiap baris pada tabel tersebut. Status awal setiap baris adalah *Not Satisfied* (NS). Maka terbentuk tabel transportasi sebagai berikut:

Tabel 4.17 Awal Transportasi Metode BCE

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)	Status
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun		
Gudang Phonska	12 X_{11}	27 X_{12}	17 X_{13}	14 X_{14}	100	NS
Gudang Mutiara	15 X_{21}	30 X_{22}	20 X_{23}	15 X_{24}	200	NS
Gudang Green	10 X_{31}	25 X_{32}	15 X_{33}	12,5 X_{34}	140	NS
Gudang Urea	8 X_{41}	18 X_{42}	13 X_{43}	10 X_{44}	80	NS
Demand (Sak)	160	100	140	120	520	

Langkah 2: Mengalokasikan semua permintaan pada kolom ke- j (b_j) ke dalam sel X_{ij} yang mempunyai biaya terkecil pertama atau *first least cost* (FLC) untuk setiap kolom seperti pada Tabel 4.18 berikut ini:



Tabel 4.18 Pengalokasian Barang dari Demand Ke dalam Sel

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)	Status
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun		
Gudang Phonska	12	27	17	14	100	NS
Gudang Mudiara	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}		
Gudang Green	15	30	20	15	200	NS
Gudang Urea	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}		
Demand (Sak)	10	25	15	12,5	140	NS
	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}		
	8	18	13	10	80	ER
	160	100	140	120		
	160	100	140	120	520	

Berdasarkan Tabel 4.18, uraian mengenai proses pengalokasian adalah sebagai berikut:

Pada kolom pertama, biaya terkecil pertama terletak pada sel X_{41} yaitu dengan memiliki biaya sebesar 8. sehingga $X_{41} = b_1 = 160$.

Pada kolom kedua, biaya terkecil pertama terletak pada sel X_{42} yaitu dengan memiliki biaya sebesar 18. sehingga $X_{42} = b_2 = 100$.

Pada kolom ketiga, biaya terkecil pertama terletak pada sel X_{43} yaitu dengan memiliki biaya sebesar 13. sehingga $X_{43} = b_3 = 140$.

Pada kolom keempat, biaya terkecil pertama terletak pada sel X_{44} yaitu dengan memiliki biaya sebesar 10. sehingga $X_{44} = b_4 = 120$.

Langkah 3: Selanjutnya memeriksa pada setiap baris, jika jumlah total alokasi X_{ij} pada baris ke- i (TA_i) lebih besar dari persediaan (a_i), maka status baris tersebut diubah menjadi status *Excess Row* (ER). Sebagai berikut:

Pada baris pertama tidak ada pengalokasian sehingga statusnya tetap.

Pada baris kedua tidak ada pengalokasian sehingga statusnya tetap.

Pada baris ketiga tidak ada pengalokasian sehingga statusnya tetap.

Pada baris keempat $X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} > a_4 \rightarrow 160 + 100 + 140 + 200 > 80$. karena total alokasi yang diberikan lebih besar dibandingkan persediaannya, maka statusnya diubah menjadi ER.

Perubahan status pada Tabel 4.17 dapat dilihat pada Tabel 4.18.



Langkah 4: Menghitung selisih ($Diff_j$) antara biaya terkecil pertama (FLC_j) dan biaya terkecil kedua (SLC_j) pada setiap sel yang berada dalam status ER. Status ER

berada pada baris keempat, sehingga diperoleh nilai $Diff_j$ sebagai berikut:

Untuk selisih pada kolom ke-1 $Diff_1 = SLC_1 - FLC_1 = 10 - 8 = 2$.

Untuk selisih pada kolom ke-2 $Diff_2 = SLC_2 - FLC_2 = 25 - 18 = 7$.

Untuk selisih pada kolom ke-3 $Diff_3 = SLC_3 - FLC_3 = 15 - 13 = 2$.

Untuk selisih pada kolom ke-4 $Diff_4 = SLC_4 - FLC_4 = 12,5 - 10 = 2,5$.

Langkah 5: Memilih nilai selisih terkecil (*Smallest Diff* / SD) dari perhitungan langkah 4. Baris yang memiliki nilai SD tersebut menjadi FLR, sedangkan baris yang memiliki SLC_j ditetapkan menjadi baris kedua terkecil (SLR). Karena nilai selisih $Diff_1 = 2$ merupakan selisih terkecil, maka baris keempat (X_{41}) ditetapkan sebagai SD atau FLR dan baris ketiga (X_{31}) ditetapkan sebagai SLR.

Langkah 6: Berdasarkan Tabel 4.17 diketahui masalah transportasi seimbang, maka dilanjutkan ke Langkah 7.

Langkah 7: Memeriksa biaya terkecil pertama ($FLC_1 = 8$) tidak sama dengan biaya terkecil kedua ($SLC_1 = 10$), dan persediaan terkecil ($LS = 80$) tidak sama dengan persediaan kedua ($SS = 140$), maka dilanjutkan ke Langkah 8.

Langkah 8: Memeriksa status pada baris SLR, diketahui bahwa SLR berada di sel status baris tersebut adalah NS, bukan ER maka melanjutkan ke Langkah 11.

Langkah 11: Menghitung modulo dari selisih persediaan (DS) dan selisih biaya $Diff_j$, dengan menggunakan Persamaan (2.8) dan (2.9). Jika hasil modulo bernilai nol, maka lanjutkan ke Langkah 12. Jika tidak, lanjutkan ke Langkah 9. Diketahui bahwa persediaan kedua ($SS = 140$) dan persediaan terkecil ($LS = 80$), maka didapatkan $Diff Supply$ (DS) sebagai berikut:

$$DS = |SS - LS| = |140 - 80| = 60.$$

Setelah didapatkan nilai DS selanjutnya modulo dapat dihitung dengan nilai selisih biaya $Diff_1 = 2$ didapat dari perhitungan Langkah 4 sebelumnya, sebagai berikut:

$$Modulo \quad mod(DS; Diff_1) = mod(60; 2) = 0.$$

Karena hasil modulo bernilai nol, maka dilanjutkan ke Langkah 12.



Langkah 12: menghitung total biaya pada *First Least Row* (TCFLR) menggunakan Persamaan (2.10) dan total biaya pada *Second Least Row* (TCSLR) menggunakan

Persamaan (2.11). Jika nilai TCFLR lebih besar dari TCSLR, maka lanjutkan ke Langkah 9. Jika tidak, langsung menuju Langkah 13.

Berdasarkan Tabel 4.18 perhitungan TCFLR dan TCSLR adalah sebagai berikut:

$$TCFLR = C_{41} + C_{42} + C_{43} + C_{44} = 49; TCSLR = C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_{34} = 62,5.$$

Karena nilai TCFLR lebih kecil dari TCSLR, maka dilanjutkan ke Langkah 13.

Langkah 13: Melakukan pengalokasian jumlah maksimum unit X_{ij} dari selisih terkecil (SD) ke SLC_j , sisanya tetap berada di SD. Karena maksimum $X_{31} = a_3 = 40$ dan sisanya tetap di SD $X_{41} = 160 - 140 = 20$.

Hasil dari pengalokasian ini dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut:

Tabel 4.19 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 1

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)	Status
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun		
Gudang Phonska	12 X_{11}	27 X_{12}	17 X_{13}	14 X_{14}	100	NS
Gudang Mutiara	15 X_{21}	30 X_{22}	20 X_{23}	15 X_{24}	200	NS
Gudang Green	10 140	25 X_{32}	15 X_{33}	12,5 X_{34}	140	S
Gudang Urea	8 20	18 100	13 140	10 120	80	ER
Demand (Sak)	160	100	140	120	520	

Langkah 14: Melakukan pemeriksaan total unit SLR (TUSLR), dimana pada baris ketiga di Tabel 4.19 jumlah alokasi dibaris tersebut sama dengan jumlah *supply* (a_3) maka status pada baris ketiga tersebut berubah menjadi memuaskan (S) dan dihapus dari perhitungan langkah berikutnya, lalu lanjutkan ke Langkah 18.

Langkah 18: Karena status ER masih ada, yaitu berada pada baris keempat, maka akan dilakukan kembali Langkah 4.



Iterasi II:

Langkah 4: Menghitung selisih ($Diff_j$) antara biaya terkecil pertama (FLC_j) dan biaya terkecil kedua (SLC_j) pada setiap sel yang berada dalam status ER. Berdasarkan Tabel 4.19 diketahui bahwa status ER berada pada baris keempat, sehingga diperoleh nilai $Diff_j$ sebagai berikut:

Untuk selisih pada kolom ke-1 $Diff_1 = SLC_1 - FLC_1 = 12 - 8 = 4$.

Untuk selisih pada kolom ke-2 $Diff_2 = SLC_2 - FLC_2 = 27 - 18 = 9$.

Untuk selisih pada kolom ke-3 $Diff_3 = SLC_3 - FLC_3 = 17 - 13 = 4$.

Untuk selisih pada kolom ke-4 $Diff_4 = SLC_4 - FLC_4 = 14 - 10 = 4$.

Langkah 5: Memilih nilai selisih terkecil (*Smallest Diff* / SD) dari perhitungan langkah 4. Baris yang memiliki nilai SD tersebut menjadi FLR, sedangkan baris yang memiliki SLC_j ditetapkan menjadi baris kedua terkecil (SLR). Karena nilai selisih $Diff_1 = 4$ merupakan selisih terkecil, maka baris keempat (X_{41}) ditetapkan sebagai SD atau FLR dan baris pertama (X_{11}) ditetapkan sebagai SLR.

Langkah 6: Berdasarkan Tabel 4.17 diketahui masalah transportasi seimbang, maka dilanjutkan ke Langkah 7.

Langkah 7: Memeriksa biaya terkecil pertama ($FLC_1 = 8$) tidak sama dengan biaya terkecil kedua ($SLC_1 = 12$), dan persediaan terkecil ($LS = 80$) tidak sama dengan persediaan kedua ($SS = 100$), maka dilanjutkan ke Langkah 8.

Langkah 8: Memeriksa status pada baris SLR, diketahui bahwa SLR berada di sel status baris tersebut adalah NS, bukan ER maka dilanjutkan ke Langkah 11.

Langkah 11: Menghitung modulo dari selisih persediaan (DS) dan selisih biaya $Diff_j$. Jika hasil modulu bernilai nol, maka lanjutkan ke Langkah 12. Jika tidak, lanjutkan ke Langkah 9. Diketahui bahwa persediaan kedua ($SS = 100$) dan persediaan terkecil ($LS = 80$), maka didapatkan *Diff Supply* (DS) sebagai berikut:

$$DS = |SS - LS| = |100 - 80| = 20.$$

Setelah didapatkan nilai DS selanjutnya modulo dapat dihitung dengan nilai selisih biaya $Diff_3 = 4$ didapat dari perhitungan Langkah 4 sebelumnya, sebagai berikut:

Modulo $mod(DS; Diff_1) = mod(20; 4) = 0$.

Karena hasil modulo bernilai nol, maka dilanjutkan ke Langkah 12.



Langkah 12: menghitung total biaya pada *First Least Row* (TCFLR) menggunakan Persamaan (2.10) dan total biaya pada *Second Least Row* (TCSLR) menggunakan

Persamaan (2.11). Jika nilai TCFLR lebih besar dari TCSLR, maka lanjutkan ke Langkah 9. Jika tidak, langsung menuju Langkah 13.

Berdasarkan Tabel 4.19 perhitungan TCFLR dan TCSLR adalah sebagai berikut:

$$TCFLR = C_{41} + C_{42} + C_{43} + C_{44} = 49; TCSLR = C_{11} + C_{12} + C_{13} + C_{14} = 70.$$

Karena nilai TCFLR lebih kecil dari TCSLR, maka dilanjutkan ke Langkah 13.

Langkah 13: Melakukan pengalokasikan jumlah maksimum unit X_{ij} dari selisih kecil (SD) ke SLC_j , sisanya tetap berada di SD. Karena maksimum $X_{11} = a_1 = 100$ sedangkan sisa unit SD = 20, maka alokasikan semua ke sel X_{11} yaitu 20.

Hasil dari pengalokasian ini dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut:

Tabel 4.20 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 2

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)	Status
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun		
Gudang Phonska	12 20	27 X_{12}	17 X_{13}	14 X_{14}	100	NS
Gudang Mutiara	15 X_{21}	30 X_{22}	20 X_{23}	15 X_{24}	200	NS
Gudang Green	10 140	25 X_{32}	15 X_{33}	12,5 X_{34}	140	S
Gudang Urea	8 X_{41}	18 100	13 140	10 120	80	ER
Demand (Sak)	160	100	140	120	520	

Langkah 14: Melakukan pemeriksaan total unit SLR (TUSLR), dimana pada baris pertama di Tabel 4.20 jumlah alokasi dibaris tersebut lebih kecil dibandingkan jumlah *supply* (a_1) maka status pada baris tersebut tetap NS, lalu lanjutkan ke Langkah 8.

Langkah 18: Karena status ER masih ada, yaitu berada pada baris keempat, maka akan dilakukan kembali Langkah 4.



Iterasi III:

Langkah 4: Menghitung selisih ($Diff_j$) antara biaya terkecil pertama (FLC_j) dan biaya terkecil kedua (SLC_j) pada setiap sel yang berada dalam status ER. Berdasarkan Tabel 4.20 diketahui bahwa status ER berada pada baris keempat, sehingga diperoleh nilai $Diff_j$ sebagai berikut:

Untuk selisih pada kolom ke-2 $Diff_2 = SLC_2 - FLC_2 = 27 - 18 = 9$.

Untuk selisih pada kolom ke-3 $Diff_3 = SLC_3 - FLC_3 = 17 - 13 = 4$.

Untuk selisih pada kolom ke-4 $Diff_4 = SLC_4 - FLC_4 = 14 - 10 = 4$.

Langkah 5: Memilih nilai selisih terkecil (*Smallest Diff / SD*) dari perhitungan Langkah 4. Baris yang memiliki nilai SD tersebut menjadi FLR, sedangkan baris yang memiliki SLC_j ditetapkan menjadi baris kedua terkecil (SLR). Karena nilai selisih $Diff_3 = 4$ merupakan selisih terkecil, maka baris keempat (X_{43}) ditetapkan sebagai SD atau FLR dan baris pertama (X_{13}) ditetapkan sebagai SLR.

Langkah 6: Berdasarkan Tabel 4.17 diketahui masalah transportasi seimbang, maka dilanjutkan ke Langkah 7.

Langkah 7: Memeriksa biaya terkecil pertama ($FLC_3 = 13$) tidak sama dengan biaya terkecil kedua ($SLC_3 = 17$), dan persediaan terkecil ($LS = 80$) tidak sama dengan persediaan kedua ($SS = 100$), maka dilanjutkan ke Langkah 8.

Langkah 8: Memeriksa status pada baris SLR, diketahui bahwa SLR berada di sel status baris tersebut adalah NS, bukan ER maka dilanjutkan ke Langkah 11.

Langkah 11: Menghitung modulo dari selisih persediaan (DS) dan selisih biaya $Diff_j$. Jika hasil modulo bernilai nol, maka lanjutkan ke Langkah 12. Jika tidak, lanjutkan ke Langkah 9. Diketahui bahwa persediaan kedua ($SS = 100$) dan persediaan terkecil ($LS = 80$), maka didapatkan *Diff Supply* (DS) sebagai berikut:
 $DS = |SS - LS| = |100 - 80| = 20$.

Setelah didapatkan nilai DS selanjutnya modulo dapat dihitung dengan nilai selisih biaya $Diff_3 = 4$ didapat dari perhitungan Langkah 4 sebelumnya, sebagai berikut:

Modulo $mod(DS; Diff_1) = mod(20; 4) = 0$.

Karena hasil modulo bernilai nol, maka dilanjutkan ke Langkah 12.



Langkah 12: menghitung total biaya pada *First Least Row* (TCFLR) menggunakan Persamaan (2.10) dan total biaya pada *Second Least Row* (TCSLR) menggunakan

Persamaan (2.11). Jika nilai TCFLR lebih besar dari TCSLR, maka lanjutkan ke Langkah 9. Jika tidak, langsung menuju Langkah 13.

Berdasarkan Tabel 4.20 perhitungan TCFLR dan TCSLR adalah sebagai berikut:

$$TCFLR = C_{41} + C_{42} + C_{43} + C_{44} = 49; TCSLR = C_{11} + C_{12} + C_{13} + C_{14} = 70.$$

Karena nilai TCFLR lebih kecil dari TCSLR, maka dilanjutkan ke Langkah 13.

Langkah 13: Melakukan pengalokasian jumlah maksimum unit X_{ij} dari selisih perkecil (SD) ke SLC_j , sisanya tetap berada di SD. Karena maksimum $X_{13} = a_1 = 100 - 20 = 80$ dan sisanya tetap di SD $X_{43} = 140 - 80 = 60$.

Hasil dari pengalokasian ini dapat dilihat pada Tabel 4.21 berikut:

Tabel 4.21 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 3

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)	Status
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun		
Gudang Phonska	12 20	27 X_{12}	17 80	14 X_{14}	100	S
Gudang Mutiara	15 X_{21}	30 X_{22}	20 X_{23}	15 X_{24}	200	NS
Gudang Green	10 140	25 X_{32}	15 X_{33}	12,5 X_{34}	140	S
Gudang Urea	8 X_{41}	18 100	13 60	10 120	80	ER
Demand (Sak)	160	100	140	120	520	

Langkah 14: Melakukan pemeriksaan total unit SLR (TUSLR), dimana pada baris pertama di Tabel 4.21 jumlah alokasi dibaris tersebut sama dengan jumlah *supply* (a_3) maka status pada baris pertama tersebut berubah menjadi memuaskan (S) dan dihapus dari perhitungan langkah berikutnya, lalu lanjutkan ke Langkah 18.

Langkah 18: Karena status ER masih ada, yaitu berada pada baris keempat, maka akan dilakukan kembali Langkah 4.



Iterasi IV:

Langkah 4: Menghitung selisih ($Diff_j$) antara biaya terkecil pertama (FLC_j) dan biaya terkecil kedua (SLC_j) pada setiap sel yang berada dalam status ER. Berdasarkan Tabel 4.21 diketahui bahwa status ER berada pada baris keempat, sehingga diperoleh nilai $Diff_j$ sebagai berikut:

Untuk selisih pada kolom ke-2 $Diff_2 = SLC_2 - FLC_2 = 30 - 18 = 12$.

Untuk selisih pada kolom ke-3 $Diff_3 = SLC_3 - FLC_3 = 20 - 13 = 7$.

Untuk selisih pada kolom ke-4 $Diff_4 = SLC_4 - FLC_4 = 15 - 10 = 5$.

Langkah 5: Memilih nilai selisih terkecil (*Smallest Diff / SD*) dari perhitungan Langkah 4. Baris yang memiliki nilai SD tersebut menjadi FLR, sedangkan baris yang memiliki SLC_j ditetapkan menjadi baris kedua terkecil (SLR). Karena nilai selisih $Diff_4 = 5$ merupakan selisih terkecil, maka baris keempat (X_{44}) ditetapkan sebagai SD atau FLR dan baris kedua (X_{24}) ditetapkan sebagai SLR.

Langkah 6: Berdasarkan Tabel 4.17 diketahui masalah transportasi seimbang, maka dilanjutkan ke Langkah 7.

Langkah 7: Memeriksa biaya terkecil pertama ($FLC_4 = 10$) tidak sama dengan biaya terkecil kedua ($SLC_4 = 15$), dan persediaan terkecil ($LS = 80$) tidak sama dengan persediaan kedua ($SS = 200$), maka dilanjutkan ke Langkah 8.

Langkah 8: Memeriksa status pada baris SLR, diketahui bahwa SLR berada di sel 2, status baris tersebut adalah NS, bukan ER maka dilanjutkan ke Langkah 11.

Langkah 11: Menghitung modulo dari selisih persediaan (DS) dan selisih biaya $Diff_j$, dengan menggunakan Persamaan (2.8) dan (2.9). Jika hasil modulo bernilai nol, maka dilanjutkan ke Langkah 12. Jika tidak, lanjutkan ke Langkah 9. Diketahui bahwa persediaan kedua ($SS = 200$) dan persediaan terkecil ($LS = 80$), maka didapatkan $Diff Supply$ (DS) sebagai berikut:

$$DS = |SS - LS| = |200 - 80| = 120.$$

Setelah didapatkan nilai DS selanjutnya modulo dapat dihitung dengan nilai selisih biaya $Diff_4 = 5$ didapat dari perhitungan Langkah 4 sebelumnya, sebagai berikut:

$$Modulo \mod(DS; Diff_1) = \mod(120; 5) = 0.$$

Karena hasil modulo bernilai nol, maka dilanjutkan ke Langkah 12.



Langkah 12: menghitung total biaya pada *First Least Row* (TCFLR) menggunakan Persamaan (2.10) dan total biaya pada *Second Least Row* (TCSLR) menggunakan

Persamaan (2.11). Jika nilai TCFLR lebih besar dari TCSLR, maka lanjutkan ke Langkah 9. Jika tidak, langsung menuju Langkah 13.

Berdasarkan Tabel 4.21 perhitungan TCFLR dan TCSLR adalah sebagai berikut:

$$TCFLR = C_{41} + C_{42} + C_{43} + C_{44} = 49; TCSLR = C_{21} + C_{22} + C_{23} + C_{24} = 80.$$

Karena nilai TCFLR lebih kecil dari TCSLR, maka dilanjutkan ke Langkah 13.

Langkah 13: Melakukan pengalokasian jumlah maksimum unit X_{ij} dari selisih $a_i - b_j$ ke SLC_j , sisanya tetap berada di SD. Karena maksimum $X_{24} = a_2 = 100$ sedangkan unit SD = 120, maka alokasikan semua ke sel X_{24} yaitu 120.

Hasil dari pengalokasian ini dapat dilihat pada Tabel 4.22 berikut:

Tabel 4.22 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 4

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)	Status
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun		
Gudang Phonska	12 20	27 X_{12}	17 80	14 X_{14}	100	S
Gudang Mutiara	15 X_{21}	30 X_{22}	20 X_{23}	15 120	200	NS
Gudang Green	10 140	25 X_{32}	15 X_{33}	12,5 X_{34}	140	S
Gudang Urea	8 X_{41}	18 100	13 60	10 X_{44}	80	ER
Demand (Sak)	160	100	140	120	520	

Langkah 14: Melakukan pemeriksaan total unit SLR (TUSLR), dimana pada baris kedua di Tabel 4.19 jumlah alokasi dibaris tersebut lebih kecil dibandingkan jumlah supply (a_i), maka status pada baris tersebut tetap NS, lalu lanjutkan ke Langkah 18.

Langkah 18: Karena status ER masih ada, yaitu berada pada baris keempat, maka akan dilakukan kembali Langkah 4.



Iterasi V

Langkah 4: Menghitung selisih ($Diff_j$) antara biaya terkecil pertama (FLC_j) dan biaya terkecil kedua (SLC_j) pada setiap sel yang berada dalam status ER. Berdasarkan Tabel 4.22 diketahui bahwa status ER berada pada baris keempat, sehingga diperoleh nilai $Diff_j$ sebagai berikut:

Untuk selisih pada kolom ke-2 $Diff_2 = SLC_2 - FLC_2 = 30 - 18 = 12$.

Untuk selisih pada kolom ke-3 $Diff_3 = SLC_3 - FLC_3 = 20 - 13 = 7$.

Langkah 5: Memilih nilai selisih terkecil (*Smallest Diff / SD*) dari perhitungan langkah 4. Baris yang memiliki nilai SD tersebut menjadi FLR, sedangkan baris yang memiliki SLC_j ditetapkan menjadi baris kedua terkecil (SLR). Karena nilai selisih $Diff_3 = 7$ merupakan selisih terkecil, maka baris keempat (X_{43}) ditetapkan sebagai SD atau FLR dan baris kedua (X_{23}) ditetapkan sebagai SLR.

Langkah 6: Berdasarkan Tabel 4.17 diketahui masalah transportasi seimbang, maka dilanjutkan ke Langkah 7.

Langkah 7: Memeriksa biaya terkecil pertama ($FLC_3 = 13$) tidak sama dengan biaya terkecil kedua ($SLC_3 = 20$), dan persediaan terkecil ($LS = 80$) tidak sama dengan persediaan kedua ($SS = 200$), maka dilanjutkan ke Langkah 8.

Langkah 8: Memeriksa status pada baris SLR, diketahui bahwa SLR berada di sel status baris tersebut adalah NS, bukan ER maka dilanjutkan ke Langkah 11.

Langkah 11: Menghitung modulo dari selisih persediaan (DS) dan selisih biaya $Diff_j$, dengan menggunakan Persamaan (2.8) dan (2.9). Jika hasil modulo bernilai nol, maka dilanjutkan ke Langkah 12. Jika tidak, lanjutkan ke Langkah 9. Diketahui bahwa persediaan kedua ($SS = 200$) dan persediaan terkecil ($LS = 80$), maka didapatkan $Diff Supply$ (DS) sebagai berikut:

$$DS = |SS - LS| = |200 - 80| = 120.$$

Setelah didapatkan nilai DS selanjutnya modulo dapat dihitung dengan nilai selisih biaya $Diff_3 = 7$ didapat dari perhitungan Langkah 4 sebelumnya, sebagai berikut:

$$Modulo = mod(DS; Diff_1) = mod(120; 7) = 1.$$

Karena hasil modulo bernilai satu bukan nol, maka dilanjutkan ke Langkah 9.



Langkah 9: Mengalokasikan jumlah maksimum X_{43} ke FLC_3 , kemudian sisanya pindahkan ke SLC_3 . Berdasarkan Tabel 4.22 baris FLC_3 pada baris keempat sudah memiliki pengalokasian yang melebihi jumlah maksimum *supply* di baris keempat, maka pengalokasian semua unit X_{43} sebesar 60 di alokasikan semua ke unit X_{23} . Hasil dari pengalokasian ini dapat dilihat pada Tabel 4.23 berikut:

Tabel 4.23 Hasil Pengalokasian Barang Tahap 5

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)	Status
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun		
Gudang Phonska	12	27	17	14	100	S
	20	X_{12}	80	X_{14}		
Gudang Mutiara	15	30	20	15	200	NS
	X_{21}	X_{22}	60	120		
Gudang Green	10	25	15	12,5	140	S
	140	X_{32}	X_{33}	X_{34}		
Gudang Urea	8	18	13	10	80	ER
	X_{41}	100	X_{43}	X_{44}		
Demand (Sak)	160	100	140	120	520	

Langkah 10: Melakukan pemeriksaan total unit FLR (TUFLR), dimana pada baris kedua di Tabel 4.20 jumlah alokasi di baris tersebut lebih kecil dibandingkan jumlah *supply* (a_2) maka status pada baris tersebut tetap NS, lalu lanjutkan ke Langkah 18.

Langkah 18: Karena status ER masih ada, yaitu berada pada baris keempat, maka akan dilakukan kembali Langkah 4.

Iterasi VI:

Langkah 4: Menghitung selisih ($Diff_j$) antara biaya terkecil pertama (FLC_j) dan biaya terkecil kedua (SLC_j) pada setiap sel yang berada dalam status ER. Berdasarkan Tabel 4.20 diketahui bahwa status ER hanya tersisa satu sel yang sudah dimasuki *demand* yaitu kolom kedua, sehingga diperoleh nilai $Diff_j$ sebagai berikut: $Diff_2 = SLC_2 - FLC_2 = 30 - 18 = 12$.

Langkah 5: Memilih nilai selisih terkecil (*Smallest Diff* / SD) dari perhitungan Langkah 4. Baris yang memiliki nilai SD tersebut menjadi FLR, sedangkan baris yang memiliki SLC_j ditetapkan menjadi baris kedua terkecil (SLR). Karena hanya



terdapat satu selisih ($Diff_2$), maka langsung dipilih menjadi selisih terkecil. Sehingga pada baris keempat (X_{42}) ditetapkan sebagai SD atau FLR dan baris kedua (X_{22}) ditetapkan sebagai SLR.

Langkah 6: Berdasarkan Tabel 4.14 diketahui masalah transportasi seimbang, maka dilanjutkan ke Langkah 7.

Langkah 7: Memeriksa biaya terkecil pertama ($FLC_2 = 18$) tidak sama dengan biaya terkecil kedua ($SLC_2 = 30$), dan persediaan terkecil ($LS = 80$) tidak sama dengan persediaan kedua ($SS = 200$), maka dilanjutkan ke Langkah 8.

Langkah 8: Memeriksa status pada baris SLR, diketahui bahwa SLR berada di sel status baris tersebut adalah NS, bukan ER maka dilanjutkan ke Langkah 11.

Langkah 11: Menghitung modulo dari selisih persediaan (DS) dan selisih biaya $Diff_j$, dengan menggunakan Persamaan (2.8) dan (2.9). Jika hasil modulo bernilai nol, maka lanjutkan ke langkah 12. Jika tidak, lanjutkan ke langkah 9. Diketahui bahwa persediaan kedua ($SS = 200$) dan persediaan terkecil ($LS = 80$), maka didapatkan $Diff Supply$ (DS) sebagai berikut:

$$DS = |SS - LS| = |200 - 80| = 120.$$

Setelah didapatkan nilai DS selanjutnya modulo dapat dihitung dengan nilai selisih biaya $Diff_2 = 12$ didapat dari perhitungan Langkah 4, sebagai berikut:

$$Modulo \quad mod(DS; Diff_1) = mod(120; 12) = 0.$$

Karena hasil modulo bernilai nol, maka dilanjutkan ke Langkah 12.

Langkah 12: menghitung total biaya pada *First Least Row* (TCFLR) menggunakan persamaan (2.10) dan total biaya pada *Second Least Row* (TCSLR) menggunakan persamaan (2.11). Jika nilai TCFLR lebih besar dari TCSLR, maka lanjutkan ke langkah 9. Jika tidak, langsung menuju Langkah 13.

Berdasarkan Tabel 4.17 perhitungan TCFLR dan TCSLR adalah sebagai berikut:

$$TCFLR = C_{41} + C_{42} + C_{43} + C_{44} = 49; TCSLR = C_{21} + C_{22} + C_{23} + C_{24} = 80.$$

Karena nilai TCFLR lebih kecil dari TCSLR, maka dilanjutkan ke Langkah 13.

Langkah 13: Melakukan pengalokasikan jumlah maksimum unit X_{ij} dari selisih terkecil (SD) ke SLC_j , sisanya tetap berada di SD. Karena maksimum $X_{22} = a_2 = 100 - 60 - 120 = 20$ dan sisanya tetap di SD $X_{42} = 100 - 20 = 80$.



Hasil dari pengalokasian ini dapat dilihat pada Tabel 4.21 Berikut:

Tabel 4.24 Hasil Akhir Metode BCE

Sumber	Tujuan								Supply (Sak)	Status
	Kec. Kaliorang		Kec. Sandaran		Kec. Karangan		Kec. Kaubun			
Gudang Rhonska	20	12	X_{12}	27	80	17	X_{14}	14	100	S
Gudang Muhiara	X_{21}	15	20	30	60	20	120	15	200	S
Gudang Green	140	10	X_{32}	25	X_{33}	15	X_{34}	12,5	140	S
Gudang Urea	X_{41}	8	80	18	X_{43}	13	X_{44}	10	80	S
Demand (Sak)	160		100		140		120		520	

Langkah 14: Melakukan pemeriksaan total unit SLR (TUSLR), dimana pada baris kedua di Tabel 4.21 jumlah alokasi di baris tersebut sama dengan jumlah *supply* (a_2) maka status pada baris kedua tersebut berubah menjadi memuaskan (S) dan dihapus dari perhitungan langkah berikutnya, lalu lanjutkan ke Langkah 18.

Langkah 18: Karena status ER sudah tidak ada, dan jumlah *supply* dan *demand* sudah terpenuhi maka iterasi akan berhenti. Dan dilanjutkan ke Langkah 19.

Langkah 19: Menghitung total biaya transportasi (TC) seperti dengan Persamaan (2.4)

$$\begin{aligned}
 G &= 12.000X_{11} + 17.000X_{13} + 30.000X_{22} + 20.000X_{23} + 15.000X_{24} + \\
 &\quad 10.000X_{31} + 18.000X_{42} \\
 &= 12.000(20) + 17.000(80) + 30.000(20) + 20.000(60) + \\
 &\quad 15.000(120) + 10.000(140) + 18.000(80) \\
 &= 8.040.000.
 \end{aligned}$$

Jadi biaya minimal transportasi yang diperoleh menggunakan Metode BCE adalah sebesar Rp 8.040.000.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



4.5 Uji Optimalisasi Menggunakan Metode *Stepping Stone*

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Setelah mendapatkan solusi awal dari Metode VAM dan Metode BCE, selanjutnya dilakukan uji optimalisasi menggunakan Metode *Stepping Stone*. Berdasarkan hasil akhir Metode VAM dan Metode BCE diperoleh pengalokasian barang dari gudang ke kecamatan yang sama, sehingga uji optimalisasi cukup menggunakan salah satu hasil dari metode tersebut. Langkah pertama dalam pengerjaan Metode *Stepping Stone* adalah menghitung nilai pada setiap sel non-basis. Berdasarkan tabel 4.24 akan menggunakan *loop* tertutup pada setiap sel untuk menentukan nilai biaya transportasi yang optimal. *Loop* tertutup yang diperoleh ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 4.25 Hasil Uji Optimalisasi Metode *Stepping Stone*

Sumber	Tujuan				Supply (Sak)
	Kec. Kaliorang	Kec. Sandaran	Kec. Karangan	Kec. Kaubun	
Gudang Phonska	12	27	17	14	100
Gudang Mutiara	15	30	20	15	200
Gudang Green	10	25	15	12,5	140
Gudang Urea	8	18	13	10	80
Demand (Sak)	160	100	140	120	520

Berdasarkan Tabel 4.24 didapatlah *loop* tertutup dari sel non basis seperti pada Tabel 4.25. Kemudian, dilanjutkan dengan menghitung sel non-basis pada Tabel 4.25 untuk melihat apakah masih ada nilai negatif untuk perhitungan indeks perbaikan yang menandakan bahwa solusi yang ada belum optimal. Rincian proses perhitungan pada setiap sel non-basis disajikan secara lengkap pada tabel berikut.



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.26 Hasil Perhitungan Indeks Perbaikan Tabel 2.25

Sel Non-Basis	Loop Tertutup Terdekat	Perhitungan Indeks
X_{12}	$C_{12} - C_{13} + C_{23} - C_{22}$	$27 - 17 + 20 - 30 = 0$
X_{14}	$C_{14} - C_{24} + C_{23} - C_{13}$	$14 - 15 + 20 - 17 = 2$
X_{21}	$C_{21} - C_{11} + C_{13} - C_{23}$	$15 - 12 + 17 - 20 = 0$
X_{32}	$C_{32} - C_{31} + C_{11} - C_{13} + C_{23} - C_{22}$	$25 - 10 + 12 - 17 + 20 - 30 = 0$
X_{33}	$C_{33} - C_{31} + C_{11} - C_{13}$	$15 - 10 + 12 - 17 = 0$
X_{34}	$C_{34} - C_{31} + C_{11} - C_{13} + C_{23} - C_{24}$	$12,5 - 10 + 12 - 17 + 20 - 15 = 0$
X_{41}	$C_{41} - C_{11} + C_{13} - C_{23} + C_{22} - C_{42}$	$8 - 12 + 17 - 20 + 30 - 18 = 0$
X_{43}	$C_{43} - C_{42} + C_{22} - C_{23}$	$13 - 18 + 30 - 20 = 5$
X_{44}	$C_{44} - C_{42} + C_{22} - C_{24}$	$10 - 18 + 30 - 15 = 7$

Berdasarkan hasil perhitungan indeks perbaikan sel non-basis pada Tabel 4.26 menunjukkan bahwa seluruh nilai indeks perbaikan tidak ada yang bernilai negatif. Maka, dapat diartikan bahwa hasil penyelesaian dengan Metode VAM dan Metode BCE memperoleh solusi optimal. sehingga, didapatkan kesimpulan bahwa penyelesaian contoh kasus tersebut dengan menggunakan Metode VAM dan Metode BCE serta uji optimalisasi dengan Metode *Stepping Stone* menghasilkan biaya transportasi minimum dari 4 gudang ke 4 tujuan pengiriman sebesar Rp.8.040.000.

Berikut disajikan hasil solusi fisibel awal dan uji optimalisasi dari kedua metode dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.27 Hasil Perhitungan Metode VAM dan Metode BCE

Metode	Solusi Fisibel Awal	Uji Optimalisasi
Vogel's Approximation Method (VAM)	Rp. 8.040.000,00	Rp. 8.040.000,00
Metode Bilqis Chastine Erma (BCE)	Rp. 8.040.000,00	Rp. 8.040.000,00

Berdasarkan Tabel 4.27 dapat dilihat bahwa penyelesaian solusi fisibel awal menggunakan Metode VAM dan Metode BCE diperoleh hasil yang sama dengan uji optimalisasi menggunakan metode *Stepping Stone* yaitu sebesar Rp. 8.040.000.



BAB V

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada Bab IV, tentang masalah pendistribusian barang pada Toko Ma'77 dengan menggunakan data pada bulan Januari dan Februari 2023, diperoleh kesimpulan bahwa pendistribusian menggunakan solusi awal *Vogel's Approximation Method* dan Metode Bilqis Chastine Erma memperoleh biaya pendistribusian yang sama dengan uji optimalisasi menggunakan Metode *Stepping Stone* yaitu sebesar Rp. 8.040.000. Sehingga dapat dikatakan bahwa pendistribusian menggunakan *Vogel's Approximation Method* dan Metode Bilqis Chastine Erma pada masalah transportasi tersebut langsung memperoleh hasil biaya yang optimal.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh pada Tugas Akhir ini, penulis berharap tugas akhir ini dapat dikaji ulang dengan data yang berbeda untuk menguji keakuratannya dan kepada penelitian selanjutnya untuk lebih dalam mempelajari algoritma kedua metode tersebut, yaitu *Vogel's Approximation Method* dan Metode Bilqis Chastine Erma dengan studi kasus yang berbeda maupun dalam uji optimalnya.

1. Dilarang menyalin atau menjiplak isi tulisan ini tanpa mencantumkan sumber.
2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR PUSTAKA

1. Atikah, Tiara dan S. Perdana, "Analisis Biaya Transportasi dalam Pendistribusian Singkong Menggunakan Metode *Northwest Corner* dan *Least Cost*," vol. 6, no. 2, Juni. 2024.
2. M. N. I. Muslim, Z. F. Ikatrinasari dan H. A. Prabowo, "Penentuan Prioritas Usulan Peningkatan Kualitas Layanan Kekayaan Intelektual dengan Penggunaan Metode *Fuzzy ServQual* dan *Importance Performance Analysis*," *Jurnal Integrasi Sistem Industri*, vol. 11, no. 1, Februari. 2024.
3. A. Lasmana, "Metode Transportasi pada Program Linear Untuk Pendistribusian Barang," *Jurnal Matematika*, vol. 20, no. 1, Mei. 2021.
4. I. P. Sari, "Meminimalkan Biaya Transportasi pada PT Millennial Tata Arya dengan Menggunakan Metode *Vogel's Approximation Method*," *Scientific Journal of Industrial Engineering*, vol. 1, no. 2, September. 2020.
5. B. Amaliah, C. Fatichah dan E. Suryani, "A new heuristic method of finding the initial basic feasible solution to solve the transportation problem," *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 2020.
6. Ahmad Dimiyati-Tjutju Tarlih Dimiyati, *Operations Research: Model-model Pengambilan Keputusan*. Bandung: Sinar baru, 2010.
7. F. R. Putra, A. Nurizzati, A. I. Pratiwi, dan A. S. Haqiqi, "Studi Komparatif Metode NWC dan Metode VAM dalam Optimasi Pengiriman (Penelitian Kasus: PT. Baruna Globalindo)," vol. 4, no. 2, pp. 1899–1905, 2025.
8. A. R. Sari, "Optimalisasi Biaya Transportasi Menggunakan Metode BCE dan ASM," UIN Sultan Syarif Kasim Riau, *skripsi*, Pekanbaru 2023.
9. S. R. Siregar, "Perbandingan Metode Incessant Allocation Method (IAM), Bilgis Chastine Erma (BCE) dan Zero Suffix dalam Meminimumkan Biaya Transportasi," UIN Sultan Syarif Kasim Riau, *skripsi*, Pekanbaru 2024.
10. S. Y. Prayogi dan M. I. Panjaitan, "Penerapan Metode Vogel's Approximation Method (VAM) dalam Optimalisasi Biaya Transportasi Pengiriman Barang Berbasis Sistem Informasi (Studi Kasus: PT. Coca-Cola Amatil Indonesia (CCAI) Medan)," *Journal of Information Technology and Accounting.*, vol. 5, no. 1, pp. 69–75, 2022.
11. F. Muhtarulloh dan A. Maulidina, "Metode Sirisha-Viola Untuk Menemukan Solusi Optimal Masalah Transportasi," *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, vol. 8, no. 1, Januari. 2022.



Siswanto, *Operations Research*, Jilid: 1. Jakarta: Erlangga, 2016.

- [13] I. Saputra, M. Pasaribu dan Yudhi, "Optimasi Transportasi Tidak Seimbang Menggunakan Metode *Lowest Supply Lowest Cost* (LSLC) dan *Stepping Stone* (Studi Kasus: Perum Bulog Divre Kalbar Pontianak)," *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, vol. 13, no. 05, 2024.
- F. Ayu, F. Amelia, F. Alfatunnisa dan T. Purwaningrum, "Penerapan Metode VAM untuk Minimasi Biaya Pengiriman dalam Model Transportasi di Toko Permata Indah," *Neraca Manajemen, Ekonomi*, vol. 14, no. 7, 2025.
- S. Haming, M., Ramlawati dan Imaduddin, *Operations Research: Teknik Pengambilan Keputusan Optimal*. Yogyakarta: Bumi Askara, 2016.
- M. L. Tarigan, N. K. T. Tastrawati dan I. A. P. A. Utari, "Optimisasi Biaya Transportasi Menggunakan Metode *Stepping Stone* dengan Solusi Awal TOCM-SUM Approach dan KSAM," *Jurnal Matematika*, vol. 12, no. 1, Januari. 2023.
- M. A. Septiana, R. Hidayattulloh, J. Machmudin dan N. F. Anggraeni, "Optimasi Biaya Pengiriman Kelapa Menggunakan Model Transportasi Metode *Stepping Stone*," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 5, no. 2, Mei. 2020.
- R. Lestari, T. Romadhon dan M. Fauzi, "Implementasi Model Transportasi Distribusi Produk Vaksin Hepatitis B Menggunakan Metode *Least Cost* dan *Modified Distribution*," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, vol. 2, no. 2, Agustus. 2021.
- M. Mushalifah, S. Syaripuddin dan F. D. T. Amijaya, "Model Transportasi Distribusi pada Data Pendistribusian Pupuk Toko Ma' 77 Kecamatan Bengalon dengan Mengaplikasikan Metode Pendekatan Russel," *Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 3, no. 2, September. 2024.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperjualbelikan atau seluruhnya atau sebagian karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Ha
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Penulis lahir di Pekanbaru pada tanggal 15 Desember 2000 merupakan anak keempat dari 5 bersaudara pasangan Bapak Muslim Aruan dan Ibu Siti Rabuma. Penulis menyelesaikan pendidikan formal Sekolah Dasar di SDN 163 Pekanbaru pada tahun 2007-2013. Kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di MTS PP. BAHRUL ULUM Pantai Raja Kampar pada tahun 2013-2016. Kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di MA PP. BAHRUL ULUM Pantai Raja Kampar pada tahun 2016-2019.

Setelah menyelesaikan pendidikan MA pada tahun 2019, penulis melanjutkan studi di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi. Pada tanggal 12 Januari 2023 sampai dengan tanggal 12 Februari 2023 penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di Dinas Pendidikan daerah Provinsi Riau dengan judul **“Analisis Deskriptif Jumlah Penerimaan Dana BOS SLTA Sederajat Pada Kabupaten Kota Se Provinsi Riau Tahun 2022”** yang dibimbing Ibu Fitri Aryani, M.Sc dan diseminarkan pada 09 Januari 2024. Pada tanggal 6 Juli 2022 sampai dengan 29 Agustus 2023 penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Meskom, Kec. Bengkalis, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. Penulis dinyatakan lulus ujian sarjana dengan judul tugas Akhir **“Meminimalkan Biaya Transportasi Menggunakan Vogel’s Approximation Method (VAM) dan Metode Bilqis Chastine Erma (BCE)”** dengan dosen pembimbing Ibu Sri Basriati, M.Sc. Segala kritik, saran dan pertanyaan untuk penulis dapat disampaikan melalui alamat e-mail: ataturoniroy@mail.com. Terimakasih.