

Aplikasi Metode *Improved Exponential Approach* untuk Mendapatkan Solusi Optimum Pendistribusian Komoditas (Studi Kasus: PT. Tirta Sumber Mekarsari)

Sri Basriati¹, Elfira Safitri², Wina Yustari³

^{1,2,3} Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293

Email: sribasriati@uin-suska.ac.id, elfira.safitri@yahoo.com, wina.yustari@yahoo.co.id

ABSTRAK

Permasalahan yang dihadapi oleh PT. Tirta Sumber Mekarsari adalah permintaan dari masing-masing tujuan pendistribusian lebih kecil daripada persediaan di gudang, sehingga menyebabkan terjadinya penumpukan stok di gudang tertentu. Salah satu metode yang dapat menyelesaikan permasalahan tersebut adalah metode *improved exponential approach*. Metode ini mengalokasikan nilai dengan memprioritaskan pengalokasian pada nilai nol yang memiliki penalti eksponen bernilai nol, selanjutnya nol yang memiliki penalti eksponen bernilai 1, memilih sel yang memiliki biaya tereduksi terbesar dan nol yang memiliki penalti eksponen minimum. Pengalokasian ini berlangsung hingga semua permintaan dan persediaan terpenuhi. Berdasarkan metode tersebut diperoleh penghematan biaya untuk PT. Tirta Sumber Mekarsari sebesar Rp 1.450 dari biaya keseluruhannya sebesar Rp 2.049.800.

Kata Kunci: *Distribusi, improved eksponential approach, linear programming.*

ABSTRACT

The problem faced by PT. Tirta Sumber Mekarsari is demand from each of the distribution objectives is smaller than the inventory in the warehouse that causes the stockpiling in certain warehouses. One method that can solve this problem is improved exponential approach method. This method allocates values by prioritizing allocations to zero value that have valuable exponential penalties, next the zero which has an exponential penalty is worth one, selecting cells that have the largest and zero reduced costs that have the minimum exponential penalty. This allocation takes place until all requests and supplies are met. Based on improved exponential approach method obtained cost saving for PT. Tirta Sumber Mekarsari of Rp 1.450 of the total cost of Rp 2.049.800.

Keywords: *Distribution, improved eksponential approach, linear programming.*

Pendahuluan

Persaingan bisnis antar perusahaan di era sekarang ini semakin hari semakin ketat, sehingga perusahaan membutuhkan rencana strategis untuk memperoleh hasil yang baik demi mampu bertahan dikala banyaknya perusahaan lain yang berkembang. Setiap perusahaan pasti ingin memperoleh sebesar-besarnya keuntungan dengan seminimum mungkin biaya yang dikeluarkan, sehingga setiap perusahaan perlu mengoptimalkan hasil yang dicapai, salah satu caranya adalah dengan *linear programming* (LP). Salah satu persoalan dalam *linear programming* adalah persoalan transportasi. Menurut Dimiyati [2] terdapat beberapa metode untuk menyelesaikan persoalan transportasi, misalnya dalam mendapatkan solusi fisibel awal yaitu dengan metode pojok barat laut (*north west corner method*), metode biaya terendah (*least cost method*) dan metode aproksimasi vogel. Setelah solusi fisibel awal didapat, maka langkah selanjutnya adalah uji optimalitas dengan metode batu loncat (*stepping stone*) untuk mendapatkan solusi optimum.

Seiring berkembangnya waktu, banyak diusulkan metode baru yang dapat memecahkan persoalan transportasi untuk mendapatkan solusi yang lebih optimum. Beberapa metode yaitu metode *zero point* yang pertama kali diusulkan oleh Abbas [1], *metode improved zero point* yang diusulkan oleh Samuel [5] serta metode *exponential approach* yang diusulkan oleh Vannan [6]. Metode *exponential approach* memberikan langkah-langkah yang sederhana dan cepat dalam

menyelesaikan masalah transportasi untuk mendapatkan solusi yang optimum. Metode *exponential approach* tidak memerlukan solusi fisibel awal (langsung mendapatkan solusi optimum) atau disebut sebagai metode langsung. Namun metode ini memiliki kelemahan pada persoalan transportasi tidak seimbang. Metode lain diusulkan oleh Hidayat [3] untuk memperbaiki metode *exponential approach* dalam jurnalnya yang berjudul “Metode *Improved Exponential Approach* dalam Menentukan Solusi Optimum pada Masalah Transportasi”. Hasil penelitian ini akan diberikan kepada PT. Tirta Sumber Mekarsari untuk memberikan alternatif solusi bagi pihak perusahaan dalam pengambilan keputusan.

Metode dan Bahan Penelitian

1. Model Transportasi

Menurut Muhandi [4] model transportasi merupakan salah satu bentuk model yang dapat digunakan untuk penyelesaian permasalahan programasi linier yang umumnya berhubungan dengan pengaturan pendistribusian yang optimal terhadap suatu produk dengan jenis yang sama, dari beberapa lokasi atau sumber asal menuju ke beberapa lokasi atau tempat tujuan tertentu.

Menurut Dimiyati [2] persoalan transportasi membahas masalah pendistribusian suatu komoditas atau produk dari sejumlah sumber (*supply*) kepada sejumlah tujuan (*destination demand*), dengan tujuan meminimumkan ongkos pengangkutan yang terjadi. Alternatif keputusan dalam hal ini adalah penentuan jumlah yang akan diangkut dari sumber i menuju tujuan j . Koefisien fungsi tujuannya adalah biaya angkut per unit (c_{ij}) dari sumber i menuju tujuan j . Kendala atau sumber daya yang membatasi penentuan total biaya transportasi optimum adalah suplai (a_i) pada masing-masing daerah sumber dan jumlah permintaan (b_j) pada masing-masing daerah tujuan. Maka bentuk LP kasus transportasi adalah

$$\begin{aligned} \text{Min } z &= \sum \sum c_{ij}x_{ij} \\ \text{Terhadap } \sum x_{ij} &\leq a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ \sum x_{ij} &\geq b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \\ x_{ij} &\geq 0 \end{aligned}$$

Suatu model transportasi dikatakan seimbang apabila total *supply* (sumber) sama dengan total *demand* (tujuan). Dengan kata lain:

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

2. Metode Zero Point

Metode *zero point* dapat digunakan untuk menemukan solusi awal dari masalah transportasi. Metode ini pertama kali diusulkan oleh Abbas [1]. Langkah-langkah metode *zero point* menurut Abbas [1] sebagai berikut:

- 1) Membuat tabel transportasi dari masalah transportasi yang telah diberikan dan menyeimbangkannya apabila belum seimbang.
- 2) Mengurangi tiap elemen dalam baris dengan elemen terkecil pada baris tersebut dan dari tabel pengurangan baris tersebut, tiap elemen dalam kolom dikurangi dengan elemen terkecil pada kolom tersebut.
- 3) Mengecek apakah setiap kolom permintaan kurang dari atau sama dengan jumlah baris-baris suplai yang menyuplai kolom permintaan tersebut, di mana baris yang menyuplai adalah baris pada kolom tersebut yang biaya tereduksinya nol. Mengecek apakah setiap baris suplai kurang dari atau sama dengan jumlah kolom-kolom permintaan yang meminta suplai, di mana kolom yang meminta suplai adalah kolom pada baris tersebut yang biaya tereduksinya nol. Apabila syarat tersebut terpenuhi, langsung menuju langkah 6.
- 4) Menutup semua elemen nol dengan garis mendatar dan tegak seminimal mungkin sehingga beberapa elemen dari kolom-kolom atau/dan baris-baris yang tidak memenuhi syarat pada langkah 3 tidak tertutup.
- 5) Membentuk tabel transportasi perbaikan dengan cara:
 - a. Menemukan nilai biaya tereduksi yang terkecil pada tabel yang tidak tertutup garis.

- b. Mengurangkan nilai tersebut ke semua elemen/nilai yang tidak tertutup garis dan menambahkan nilai tersebut ke semua elemen/nilai yang tertutup oleh dua garis. Selanjutnya kembali ke langkah 3.
- 6) Memilih kotak pada tabel transportasi hasil langkah-langkah di atas yang memiliki biaya tereduksi terbesar dan dinamakan (α, β) . Jika terdapat lebih dari satu kotak, maka dipilih salah satu.
- 7) Memilih kotak pada baris α atau/dan kolom β pada tabel transportasi yang memiliki biaya tereduksi nol dan mengisikan semaksimal mungkin pada kotak tersebut sehingga memenuhi suplai dan permintaan.
- 8) Membentuk kembali tabel transportasi yang telah diperbaiki setelah menghapus baris suplai yang telah memenuhi nilai maksimum dan kolom permintaan yang telah terpenuhi.
- 9) Mengulangi langkah 6 sampai langkah 8 sampai baris suplai dan kolom permintaan terpenuhi.
- 10) Tabel hasil pengisian tersebut merupakan penyelesaian masalah transportasi.

3. Metode *Improved Zero Point*

Menurut Samuel [5] pada kasus tertentu metode *zero point* tidak dapat menyelesaikan masalah transportasi (tidak ada solusi), sehingga metode ini kemudian dikembangkan menjadi metode *improved zero point* agar dapat menghasilkan solusi yang optimal. Langkah-langkah metode *improved zero point* menurut Samuel [5] yaitu:

- 1) Membuat tabel transportasi dari masalah transportasi yang telah diberikan dan menyeimbangkan apabila belum seimbang.
- 2) Mengurangi setiap elemen dalam baris dengan elemen terkecil pada baris tersebut dan dari tabel pengurangan baris tersebut, setiap elemen dalam kolom dikurangi dengan elemen terkecil pada kolom tersebut.
- 3) Mengecek apakah setiap kolom permintaan kurang dari atau sama dengan jumlah baris-baris persediaan yang menyuplai kolom permintaan tersebut, dimana baris yang menyuplai adalah baris pada kolom tersebut yang biaya tereduksinya nol. Mengecek apakah setiap baris persediaan kurang dari atau sama dengan jumlah kolom-kolom permintaan yang meminta persediaan, dimana kolom yang meminta persediaan adalah kolom pada baris tersebut yang biaya tereduksinya nol. Apabila syarat tersebut terpenuhi, langsung menuju langkah 6.
- 4) Menutup semua elemen nol dengan garis mendatar dan tegak seminimal mungkin sehingga beberapa elemen dari kolom-kolom atau baris-baris yang tidak memenuhi syarat pada langkah 3 tidak tertutup.
- 5) Membentuk tabel transportasi perbaikan dengan cara sebagai berikut.
 - a. Menemukan nilai biaya tereduksi yang terkecil pada tabel yang tidak tertutup garis.
 - b. Mengurangkan nilai tersebut ke semua elemen nilai yang tidak tertutup garis dan menambahkan nilai tersebut ke semua elemen nilai yang tertutup oleh dua garis.
- 6) Memilih sel pada tabel transportasi hasil langkah-langkah di atas yang memiliki biaya tereduksi terbesar dan dinamakan . Jika terdapat lebih dari satu sel, maka dipilih salah satu.
- 7) Memilih sel pada baris atau kolom pada tabel transportasi yang memiliki biaya tereduksi nol dan mengisikan semaksimal mungkin pada sel tersebut sehingga memenuhi persediaan dan permintaan.
- 8) Membentuk kembali tabel transportasi yang telah diperbaiki.
- 9) Mengulangi langkah 6 sampai langkah 8 sampai baris persediaan dan kolom permintaan terpenuhi. Selanjutnya hitung biaya optimumnya.

4. Metode *Exponential Approach*

Metode *exponential approach* dikembangkan oleh Vannan [6]. Metode tersebut memberikan langkah-langkah yang sederhana dan cepat dalam menyelesaikan masalah transportasi untuk mendapatkan solusi yang optimum. Metode ini tidak memerlukan solusi fisibel awal (langsung mendapatkan solusi optimum) atau disebut sebagai metode langsung.

Langkah-langkah menentukan solusi optimum dengan metode *exponential approach* menurut Vannan [6] yaitu:

- 1) Membentuk model transportasi (tabel) dari masalah transportasi yang diberikan.
- 2) Mengurangi setiap entri baris dari tabel transportasi dari minimum baris masing-masing dan kemudian mengurangi setiap entri kolom tabel transportasi dari minimum kolom masing-masing, sehingga setiap baris dan kolom akan memiliki setidaknya satu nol.
- 3) Memilih nol yang terdapat pada sel ij dalam tabel. Menghitung jumlah total angka nol yang ada (tidak termasuk nol yang dipilih) dalam baris i dan kolom j . Kemudian menetapkan penalti eksponen (jumlah nol pada baris i dan kolom j tidak termasuk nol yang dipilih). Mengulangi prosedur untuk semua nol dalam tabel.
- 4) Memilih nol untuk minimum penalti eksponen yang didapat dari langkah 3 dan mengalokasikan nilai sel dengan jumlah maksimum yang mungkin. Jika terjadi nilai penalti eksponen sama untuk setiap sel maka pertama memeriksa nilai permintaan dan persediaan, menghitung nilai rata-ratanya dan menetapkan alokasi untuk nilai rata-rata yang terendah. Jika tetap sama, maka memeriksa nilai yang sesuai dalam baris dan kolom, memilih yang minimum.
- 5) Menandai baris atau kolom (di mana persediaan atau permintaan menjadi nol) untuk tidak dimasukkan dalam perhitungan selanjutnya.
- 6) Memeriksa apakah tabel yang dihasilkan memiliki setidaknya satu nol dalam setiap kolom dan di setiap baris. Jika tidak kembali ke step 2.
- 7) Mengulangi langkah 3 hingga langkah 6 sampai semua permintaan terpenuhi dan semua persediaan habis.
- 8) Menghitung biaya optimumnya.

5. Metode *Improved Exponential Approach*

Metode *exponential approach* memiliki kelemahan pada persoalan transportasi tidak seimbang. Metode lain diusulkan oleh Hidayat [3] untuk memperbaiki metode *exponential approach* dalam jurnalnya yang berjudul "Metode *Improved Exponential Approach* dalam Menentukan Solusi Optimum pada Masalah Transportasi". Menurut Hidayat [3] langkah-langkah pada metode *improved exponential approach* sebagai berikut:

- 1) Membentuk model transportasi (tabel) dari masalah transportasi yang diberikan. Apabila tabel transportasi belum seimbang ke langkah 2, jika sudah seimbang langsung ke langkah 3.
- 2) Jika kolom (baris) *dummy* ditambahkan, kurangi setiap entri kolom (baris) dari minimum kolom (baris) masing-masing. Mengganti biaya *dummy* dengan biaya yang terbesar dari tabel yang sudah direduksi sebelumnya. Jika kolom *dummy* yang ditambahkan maka ke step 3a lalu 3b dan jika baris *dummy* yang ditambahkan maka ke step 3b lalu 3a.
- 3) a. Mengurangi setiap entri baris dari tabel transportasi dari minimum baris masing-masing.
b. Mengurangi setiap entri kolom tabel transportasi dari kolom minimum masing-masing. Sehingga setiap baris dan kolom akan memiliki setidaknya satu nol.
- 4) Mengecek apakah setiap kolom permintaan kurang dari atau sama dengan jumlah persediaan dalam baris dengan melihat pada kolom yang biaya tereduksinya bernilai nol. Mengecek apakah setiap baris persediaan kurang dari atau sama dengan jumlah permintaan dalam kolom dengan melihat pada baris yang biaya tereduksinya bernilai nol. Apabila syarat tersebut terpenuhi langsung ke langkah 7. Jika tidak, lanjut ke langkah 5.
- 5) Menarik garis horisontal dan vertikal pada semua baris dan kolom yang memiliki angka nol dengan jumlah garis minimum, sedemikian hingga biaya yang tidak memenuhi pada langkah 4 tidak tertutup.
- 6) Memilih biaya terkecil pada sel yang tidak terkena garis, kemudian mengurangkan sebesar biaya terpilih ke semua biaya yang tidak terkena garis. Menambahkan sebesar biaya terpilih ke semua biaya yang terletak pada perpotongan dua garis. Kembali ke langkah 4.
- 7) Memilih nol yang terdapat dalam tabel. Menghitung jumlah total angka nol (tidak termasuk yang dipilih) dalam baris dan kolom yang bersesuaian. Menetapkan penalti eksponen

- (jumlah nol berturut-turut masing-masing baris dan kolom). Mengulangi prosedur di atas untuk semua nol dalam tabel.
- 8) Mengalokasikan nilai sel dengan jumlah maksimum yang mungkin dengan memperhatikan prioritas pengalokasian sebagai berikut:
 - a. Nol yang memiliki penalti eksponen bernilai 0.
 - b. Nol yang memiliki penalti eksponen bernilai 1.
 - c. Memilih sel yang memiliki biaya tereduksi terbesar dan dinamakan (i, j) . Jika terdapat lebih dari satu sel, maka memilih sel lain dengan biaya tereduksi terbesar berikutnya. Mengalokasikan pada nol yang terdapat pada baris i atau kolom j dengan penalti eksponen yang minimum hingga persediaan baris i atau permintaan kolom j terpenuhi.
 - d. Memilih nol dengan penalti eksponen minimum pada tabel. Jika terjadi nilai penalti eksponen sama untuk setiap sel maka pertama memeriksa nilai permintaan dan persediaan, menghitung nilai rata-ratanya dan menetapkan alokasi untuk nilai rata-rata terendah. Apabila tetap sama maka mengalokasikan pada sel dengan biaya yang terendah sebelum direduksi.
 - 9) Menandai baris atau kolom (di mana persediaan atau permintaan menjadi nol) untuk tidak dimasukkan dalam perhitungan selanjutnya, kemudiannya kembali ke langkah 4 hingga semua permintaan dan persediaan terpenuhi.
 - 10) Menghitung biaya optimumnya.

Perbedaan metode *improved exponential approach* dengan metode *exponential approach* adalah pada penambahan langkah-langkah baru yaitu pada langkah 2, 4, 5, 6 dan 8. Langkah 2,4,5,6 dan 8c merupakan langkah tambahan yang diambil dari *metode improved zero point* yang diusulkan oleh Abbas [1] dimana merupakan metode perbaikan dari *zero point* yang diusulkan oleh Samuel [5]. Pada langkah 2 dan 8c telah mengalami beberapa penyesuaian dan perubahan. Pada langkah 2 merupakan langkah yang ditambahkan untuk mengantisipasi masalah transportasi tidak seimbang, langkah 4 merupakan syarat pengoptimuman angka nol yang muncul setelah dilakukan reduksi baris dan kolom, langkah 5 dan 6 merupakan langkah revisi angka nol yang muncul pada tabel sedemikian hingga memenuhi syarat pada langkah 4, sedangkan langkah 8 merupakan pemilihan prioritas pengalokasian pada sel dengan biaya nol.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan di PT. Tirta Sumber Mekarsari yang merupakan salah satu perusahaan yang bergerak sebagai distributor Air Minum dalam Kemasan (AMDK). PT. Tirta Sumber Mekarsari memiliki 3 gudang penyimpanan. Gudang 1 berlokasi di jalan Siak II Km 12 Palas, gudang 2 berlokasi di Air Hitam dan gudang 3 berlokasi di Pasir Putih. Ketiga gudang tersebut berada di Pekanbaru. PT. Tirta Sumber Mekarsari mendistribusikan air minum merek Aqua ke wilayah sekitaran Pekanbaru, Pangkalan Kerinci, Kuantan Sengingi, Duri, dan Air Molek menggunakan truk jenis *Colt Diesel* dan Fuso 6×4 . Data yang digunakan adalah data distribusi air minum merek Aqua yang berupa data tujuan pendistribusian, banyaknya permintaan, biaya pendistribusian, sumber pendistribusian, serta banyaknya persediaan di setiap sumber di PT. Tirta Sumber Mekarsari pada bulan Januari 2018. Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Tirta Sumber Mekarsari, akan dihitung total biaya transportasi minimum menggunakan metode *improved exponential approach*, sehingga dapat dibuat formulasi LP sebagai berikut:

$$z = 325x_{11} + 750x_{12} + 1500x_{13} + 1700x_{14} + 2000x_{15} + 300x_{21} + 740x_{22} + 1400x_{23} + 1800x_{24} + 2100x_{25} + 450x_{31} + 755x_{32} + 1300x_{33} + 1900x_{34} + 1950x_{35}$$

dengan fungsi kendala untuk sumber adalah

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} &= 950 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} &= 850 \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} &= 810 \end{aligned}$$

dan fungsi kendala untuk tujuan adalah

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{21} + x_{31} &= 800 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} &= 750 \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} &= 210 \\ x_{14} + x_{24} + x_{34} &= 250 \\ x_{15} + x_{25} + x_{35} &= 250 \end{aligned}$$

Langkah 1: Berdasarkan data dari PT. Tirta Sumber Mekarsari diketahui bahwa banyaknya permintaan tidak sama dengan persediaan, sehingga dapat dilanjutkan ke langkah 2.

Langkah 2: Berdasarkan data dari PT. Tirta Sumber Mekarsari diketahui bahwa banyaknya permintaan kecil dari persediaan, maka dapat ditambahkan kolom *dummy* yang dicantumkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Penambahan Kolom *Dummy*

Gudang	Tujuan						Total Persediaan
	A	B	C	D	E	Dummy	
1	325	750	1500	1700	2000	0	950
2	300	740	1400	1800	2100	0	850
3	450	755	1300	1900	1950	0	810
Total Permintaan	800	750	210	250	250	350	2610

Keterangan:

- A: tujuan pendistribusian ke Pekanbaru
- B: tujuan pendistribusian ke Pangkalan Kerinci
- C: tujuan pendistribusian ke Kuantan Sengingi
- D: tujuan pendistribusian ke Duri
- E: tujuan pendistribusian ke Air Molek

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa kolom *dummy* yang ditambahkan, maka kurangi setiap entri kolom dari minimum kolom masing-masing. Hasilnya dicantumkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Pengurangan Entri Kolom Pertama

Gudang	Tujuan						Total Persediaan
	A	B	C	D	E	Dummy	
1	25	10	200	0	50	0	950
2	0	0	100	100	150	0	850
3	150	15	0	200	0	0	810
Total Permintaan	800	750	210	250	250	350	2610

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa banyaknya permintaan sama dengan persediaan. Kemudian mengganti biaya *dummy* dengan biaya terbesar dari Tabel 2. Hasilnya dicantumkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Pergantian Biaya *Dummy*

Gudang	Tujuan						Total Persediaan
	A	B	C	D	E	Dummy	
1	25	10	200	0	50	200	950
2	0	0	100	100	150	200	850
3	150	15	0	200	0	200	810
Total Permintaan	800	750	210	250	250	350	2610

Langkah 3: Kurangi setiap entri baris dari tabel transportasi dari minimum baris masing-masing. Kemudian setiap entri kolom tabel transportasi dari kolom masing-masing. Hasilnya sama dengan Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa setiap baris dan kolom memiliki setidaknya satu nol.

Langkah 4: Cek apakah setiap kolom permintaan kurang dari atau sama dengan jumlah persediaan dalam baris dengan melihat pada kolom yang biaya tereduksinya bernilai nol. Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa

$$\begin{aligned}
 &800 < 850 \\
 &750 < 850 \\
 &210 < 810 \\
 &250 < 950 \\
 &250 < 810 \\
 &350 < 950 + 850 + 810
 \end{aligned}$$

Kemudian cek apakah setiap baris persediaan kurang dari atau sama dengan jumlah permintaan dalam kolom dengan melihat pada baris yang biaya tereduksinya bernilai nol. Berdasarkan Tabel 2 juga diketahui bahwa

$$\begin{aligned}
 &950 > 250 + 350 \\
 &850 < 800 + 750 + 350 \\
 &810 = 210 + 250 + 350
 \end{aligned}$$

Karena pada langkah 4 tidak terpenuhi, maka lanjut ke langkah 5.

Langkah 5: Tarik garis horizontal dan vertikal pada semua baris dan kolom yang memiliki angka nol dengan jumlah garis minimum, sedemikian hingga biaya yang tidak terpenuhi pada langkah 4 tidak tertutup. Hasilnya dicantumkan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Penarikan Garis Horizontal dan Vertikal

Gudang	Tujuan						Total Persediaan
	A	B	C	D	E	Dummy	
1	25	10	200	0	50	0	950
2	0	0	100	100	150	0	850
3	150	15	0	200	0	0	810

Total Permintaan	800	750	210	250	250	350	2610

Langkah 6: Berdasarkan Tabel 4, selanjutnya memilih biaya terkecil pada sel yang tidak terkena garis, kemudian mengurangkan sebesar biaya terpilih ke semua biaya yang tidak terkena garis. Menambahkan sebesar biaya terpilih ke semua biaya yang terletak pada perpotongan dua garis. Hasilnya dicantumkan pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Pemilihan Biaya Terkecil

Gudang	Tujuan						Total Persediaan
	A	B	C	D	E	Dummy	
1	15	0	190	0	40	0	950
2	0	0	100	110	150	10	850
3	150	15	0	210	0	10	810
Total Permintaan	800	750	210	250	250	350	2610

Berdasarkan Tabel 5, prosedur selanjutnya kembali ke langkah 4. Lakukan proses di langkah 4 hingga setiap baris persediaan kurang dari atau sama dengan jumlah permintaan dalam kolom dengan melihat pada baris yang biaya tereduksinya bernilai nol.

Langkah 7: Pilih nol pada baris 2 dan kolom 2, diperoleh jumlah total angka nol (tidak termasuk nol yang dipilih) adalah 3, sehingga penalti eksponennya 3. Kemudian pilih nol pada baris 1 dan kolom 4, diperoleh jumlah total angka nol (tidak termasuk nol yang dipilih) adalah 2, sehingga penalti eksponennya 2. Pilih nol pada baris 1 dan kolom 6, diperoleh jumlah total angka nol (tidak termasuk nol yang dipilih) adalah 3, sehingga penalti eksponennya 3. Selanjutnya pilih nol pada baris 2 dan kolom 1, diperoleh jumlah total angka nol (tidak termasuk nol yang dipilih) adalah 1, sehingga penalti eksponennya 1. Pilih nol pada baris 2 dan kolom 2, diperoleh jumlah total angka nol (tidak termasuk nol yang dipilih) adalah 2, sehingga penalti eksponennya 2. Pilih nol pada baris 3 dan kolom 3, diperoleh jumlah total angka nol (tidak termasuk nol yang dipilih) adalah 2, sehingga penalti eksponennya 2. Pilih nol pada baris 3 dan kolom 5, diperoleh jumlah total angka nol (tidak termasuk nol yang dipilih) adalah 2, sehingga penalti eksponennya 2. Terakhir pilih nol pada baris 3 dan kolom 6, diperoleh jumlah total angka nol (tidak termasuk nol yang dipilih) adalah 3, sehingga penalti eksponennya 3. Mengulangi prosedur di langkah 7 untuk semua nol dalam Tabel 5.

Langkah 8: Mengalokasikan nilai sel dengan jumlah maksimum yang mungkin dengan memprioritaskan pengalokasian nol yang memiliki penalti eksponen bernilai 0, kemudian nol yang memiliki penalti eksponen bernilai 1, selanjutnya memilih sel yang memiliki biaya tereduksi terbesar, terakhir memilih nol dengan penalti eksponen minimum pada tabel.

Langkah 9: Menandai baris atau kolom (di mana persediaan atau permintaan menjadi nol) untuk tidak dimasukkan dalam perhitungan selanjutnya, kemudian kembali ke langkah 4 hingga semua permintaan dan persediaan terpenuhi.

Langkah 10: Menghitung biaya optimumnya. Hasilnya dicantumkan pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Hasil Metode *Improved Exponential Approach* PT. Tirta Sumber Mekarsari

Gudang	Tujuan						Total Persediaan				
	Pekanbaru	Pangkalan Kerinci	Kuantan Sengingi	Duri	Air Molek	Dummy					
1	325	290	750	210	1500	250	1700	200	2000	0	950
2	800	300	740	1400	1800	50	2100	0			850
3	450	460	755	1300	1900	1950	350	0			810
Total Permintaan	800	750	210	250	250	350					2610

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui nilai

$$\begin{aligned}
 x_{12} &= 290; & x_{13} &= 210; & x_{14} &= 250; \\
 x_{15} &= 200; & x_{21} &= 800; & x_{25} &= 50; \\
 x_{32} &= 460; & x_{36} &= 350.
 \end{aligned}$$

sehingga didapat

$$\begin{aligned}
 z &= (750 \times 290) + (1500 \times 210) + (1700 \times 250) + (2000 \times 200) + (300 \\
 &\quad \times 800) + (2100 \times 50) + (755 \times 460) + (0 \times 350) \\
 &= 217.500 + 315.000 + 425.000 + 400.000 + 240.000 + 105.000 \\
 &\quad + 347.300 + 0 \\
 &= 2.049.800
 \end{aligned}$$

Selanjutnya didapat solusi optimal yaitu Gudang di Palas mendistribusikan ke Pangkalan Kerinci, Kuantan Sengingi, Duri dan Air Molek berturut-turut sebanyak 290, 210, 250 dan 200 galon air minum. Gudang di Air Hitam mendistribusikan ke Pekanbaru dan Air Molek berturut-turut sebanyak 800 dan 50 galon air minum. Gudang di Pasir Putih mendistribusikan ke Pangkalan Kerinci sebanyak 460 galon air minum.

Kesimpulan

Metode *improved exponential approach* terbukti dapat menyelesaikan permasalahan pendistribusian sehingga mendapatkan biaya minimum. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada PT. Tirta Sumber Mekarsari menggunakan metode *improved exponential approach* diperoleh penghematan sebesar Rp 1.450. Biaya pengeluaran menggunakan metode tersebut keseluruhannya sebesar Rp 2.049.800, sehingga diperoleh biaya yang lebih kecil dari biaya awalnya sebesar Rp 2.051.250, jadi metode ini dapat digunakan PT. Tirta Sumber Mekarsari untuk meminimumkan biaya distribusi.

Daftar Pustaka

- [1] Abbas, S. H. and Gupta, V. K. "Optimum Solution of Transportation Problem with The Help of Zero Point Method". *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 1, hal 1-6. 2012.
- [2] Dimiyati, T. dan Dimiyati, A. "*Operations Research Model-model Pengambilan Keputusan*". Bandung: Penerbit Sinar Baru Algensindo. 2009.
- [3] Hidayat, Dimas A. "Metode Exponential Approach dalam Menentukan Solusi Optimum pada Masalah Transportasi". *Jurnal Matematika* No. 3. 2016.

- [4] Muhardi. “Manajemen Operasi Suatu Pendekatan Kuantitatif untuk Pengambilan Keputusan”. Bandung: PT Refika Aditama. 2011.
- [5] Samuel, A. Edward. “Improved Zero Point Method (IZPM) for the Transportation Problems”. *Applied Mathematical Sciences*, 109, hal. 5421-5426. 2012.
- [6] Vannan, S. Ezhil and Rekha. “A New Method for Obtaining an Optimal Solution for Transportation Problems”, *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 2, hal. 369-371. 2013.