

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Data yang didapatkan akan dianalisis dengan menggunakan metode transportasi. Beberapa data yang diperoleh antara lain data persediaan barang, permintaan barang dari masing-masing kota, dan biaya distribusi barang.

4.1.1 Data Persediaan Barang

Data persediaan menyatakan kapasitas batu marmo dari ketiga unit pabrik di UD Tunas Rimba.

Tabel 4.1 Data persediaan batu marmo bulan Februari 2013

No.	Desa	Kode	Jumlah Persediaan (satuan ton)
1.	Sawo	a_1	100
2.	Campurdarat	a_2	150
3.	Kedangan	a_3	73
	Total Persediaan		323

Sumber : Data Sekunder UD Tunas Rimba

4.1.2 Data Permintaan Barang

Data permintaan yang menyatakan besarnya kebutuhan batu marmo dari masing-masing kota dinyatakan dalam tabel berikut.

Tabel 4.2 Data permintaan batu marmo bulan Februari 2013

No.	Kota	Kode	Jumlah Permintaan (satuan ton)
1.	Yogyakarta	b_1	90
2.	Surabaya	b_2	260
3.	Bojonegoro	b_3	50
4.	Malang	b_4	70
5.	Probolinggo	b_5	100
	Total Permintaan		570

Sumber : Data Sekunder UD Tunas Rimba

4.1.3 Data Biaya Distribusi Barang

Data biaya distribusi batu marmo dalam satuan Rupiah per kilogram dari produsen sampai ke lokasi konsumen seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Data biaya distribusi batu marmo (Rupiah per kilogram)

ke dari	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅
a ₁	300	200	240	150	350
a ₂	260	130	200	100	320
a ₃	270	150	180	130	340

Sumber : Data Sekunder UD Tunas Rimba

4.2 Penerapan *Improved Zero Point Method (IZPM)* pada Masalah Transportasi UD Tunas Rimba

Dari data yang telah diperoleh, dapat diketahui bahwa terdapat tiga sumber yaitu Desa Sawo, Campurdarat dan Kedangan dengan total persediaan 323 ton dan diketahui pula terdapat lima kota tujuan yaitu Yogyakarta, Surabaya, Bojonegoro, Malang dan Probolinggo dengan total permintaan 570 ton. Keadaan demikian merupakan model transportasi tidak seimbang dengan jumlah persediaan kurang dari jumlah permintaan, sehingga dalam mencari solusi diperlukan baris *dummy* dan tabel transportasi seimbang sebagai berikut:

Tabel 4.4 Tabel transportasi UD Tunas Rimba bulan Februari 2013

ke dari	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	persediaan
a ₁	300	200	240	150	350	100
a ₂	260	130	200	100	320	150
a ₃	270	150	180	130	340	73
a ₄	0	0	0	0	0	247
permintaan	90	260	50	70	100	570

Langkah ke-1 dari tabel transportasi di atas diketahui bahwa jumlah permintaan sama dengan jumlah persediaan yaitu sebesar 570 ton, sehingga masalah transportasi di atas seimbang.

Langkah ke-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. Pada baris 1, elemen terkecil adalah 150, maka setiap elemen pada pada baris 1 dikurangi 150. Proses ini diulangi pada baris lainnya sehingga didapatkan Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengurangan setiap baris dengan elemen terkecilnya

dari \ ke	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	persediaan
a_1	150	50	90	0	200	100
a_2	160	30	100	0	220	150
a_3	140	20	50	0	210	73
a_4	0	0	0	0	0	247
permintaan	90	260	50	70	100	570

Kemudian dilanjutkan mengurangi setiap elemen dalam kolom dengan nilai terkecilnya. Pada kolom 1, elemen terkecil adalah 0, maka setiap elemen pada kolom 1 dikurangi 0. Proses ini diulangi pada kolom lainnya sehingga didapatkan Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Pengurangan setiap kolom dengan elemen terkecilnya

dari \ ke	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	persediaan
a_1	150	50	90	0	200	100
a_2	160	30	100	0	220	150
a_3	140	20	50	0	210	73
a_4	0	0	0	0	0	247
permintaan	90	260	50	70	100	570

Langkah ke-3 meneliti 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. Meneliti 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. Pada kolom 1 diketahui baris yang menyuplai pada kolom tersebut yang biaya tereduksinya nol adalah baris 4. Jadi $90 \leq 247$ sehingga kolom 1 \leq baris 4, dengan cara yang sama hasil penelitian setiap kolom dengan jumlah baris adalah sebagai berikut.

Kolom 1 \leq Baris 4

Kolom 2 $>$ Baris 4

Kolom 3 \leq Baris 4

Kolom 4 \leq Baris 1 + Baris 2 + Baris 3 + Baris 4

Kolom 5 \leq Baris 4

Selanjutnya pada baris 1 diketahui kolom yang meminta persediaan pada baris tersebut yang biaya tereduksinya nol adalah kolom 4. Jadi $100 > 70$ sehingga baris 1 $>$ kolom 4, dengan cara yang sama hasil penelitian setiap baris dengan jumlah kolom adalah sebagai berikut.

Baris 1 $>$ Kolom 4

Baris 2 $>$ Kolom 4

Baris 3 $>$ Kolom 4

Baris 4 \leq Kolom 1 + Kolom 2 + Kolom 3 + Kolom 4 + Kolom 5

Karena syarat pada IZPM pada langkah ke-3 belum terpenuhi, maka menuju langkah ke-4.

Langkah ke-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 ke-3 tidak tertutup (dapat dilihat pada Lampiran 1.1).

Langkah ke-5 membentuk tabel transportasi perbaikan dengan cara menemukan nilai biaya tereduksi yang terkecil pada tabel yang tidak tertutup garis. Kemudian mengurangkan nilai tersebut ke semua elemen nilai yang tidak tertutup garis dan menambahkan nilai tersebut ke semua elemen nilai yang tertutup oleh dua garis. Pada Lampiran 1.1 diketahui nilai terkecil pada tabel yang tidak tertutup

garis adalah 20. Kemudian semua elemen nilai yang tidak tertutup garis dikurangkan dengan 20 dan semua elemen nilai yang tertutup oleh dua garis ditambahkan dengan 20 (dapat dilihat pada Lampiran 1.2).

Dari Lampiran 1.2, kemudian kembali ke langkah 3 yaitu meneliti kembali kolom permintaan dan baris persediaan, didapatkan:

$$\text{Kolom 1} \leq \text{Baris 4}$$

$$\text{Kolom 2} \leq \text{Baris 3} + \text{Baris 4}$$

$$\text{Kolom 3} \leq \text{Baris 4}$$

$$\text{Kolom 4} \leq \text{Baris 1} + \text{Baris 2} + \text{Baris 3}$$

$$\text{Kolom 5} \leq \text{Baris 4}$$

$$\text{Baris 1} > \text{Kolom 4}$$

$$\text{Baris 2} > \text{Kolom 4}$$

$$\text{Baris 3} \leq \text{Kolom 2} + \text{Kolom 4}$$

$$\text{Baris 4} \leq \text{Kolom 1} + \text{Kolom 2} + \text{Kolom 3} + \text{Kolom 5}$$

Karena pada baris 1 dan baris 2 belum terpenuhi maka kembali ke langkah 4. Semua elemen nol ditutup dengan garis mendatar dan tegak seminimal mungkin sehingga baris atau kolom yang belum terpenuhi tidak tertutup garis (dapat dilihat pada Lampiran 1.3). Dari penutupan elemen nol pada Lampiran 1.3 tersebut dapat dibentuk tabel perbaikan (dapat dilihat pada Lampiran 1.4)

Dari Lampiran 1.4, kemudian kembali ke langkah 3 yaitu meneliti kembali kolom permintaan dan baris persediaan, didapatkan:

$$\text{Kolom 1} \leq \text{Baris 4}$$

$$\text{Kolom 2} \leq \text{Baris 2} + \text{Baris 3} + \text{Baris 4}$$

$$\text{Kolom 3} \leq \text{Baris 4}$$

$$\text{Kolom 4} \leq \text{Baris 1} + \text{Baris 2}$$

$$\text{Kolom 5} \leq \text{Baris 4}$$

$$\text{Baris 1} > \text{Kolom 4}$$

$$\text{Baris 2} \leq \text{Kolom 2} + \text{Kolom 4}$$

$$\text{Baris 3} \leq \text{Kolom 2}$$

$$\text{Baris 4} \leq \text{Kolom 1} + \text{Kolom 2} + \text{Kolom 3} + \text{Kolom 5}$$

Karena pada baris 1 belum terpenuhi maka kembali ke langkah 4. Semua elemen nol ditutup dengan garis mendatar dan tegak seminimal mungkin sehingga baris atau kolom yang belum terpenuhi tidak tertutup garis (dapat dilihat pada Lampiran 1.5). Dari penutupan elemen nol pada Lampiran 1.5 tersebut dapat dibentuk tabel perbaikan (dapat dilihat pada Lampiran 1.6)

Dari Lampiran 1.6, kemudian kembali ke langkah 3 yaitu meneliti kembali kolom permintaan dan baris persediaan, didapatkan:

$$\text{Kolom 1} \leq \text{Baris 4}$$

$$\text{Kolom 2} \leq \text{Baris 1} + \text{Baris 2} + \text{Baris 3} + \text{Baris 4}$$

$$\text{Kolom 3} \leq \text{Baris 4}$$

$$\text{Kolom 4} \leq \text{Baris 1}$$

$$\text{Kolom 5} \leq \text{Baris 4}$$

$$\text{Baris 1} \leq \text{Kolom 2} + \text{Kolom 4}$$

$$\text{Baris 2} \leq \text{Kolom 2}$$

$$\text{Baris 3} \leq \text{Kolom 2}$$

$$\text{Baris 4} \leq \text{Kolom 1} + \text{Kolom 2} + \text{Kolom 3} + \text{Kolom 5}$$

Karena tabel perbaikan tersebut sudah memenuhi syarat, maka dilakukan pengalokasian pada variabel basis, di mana variabel basisnya adalah sel-sel pada tabel perbaikan yang biaya tereduksinya nol.

Langkah ke-6 memilih sel pada tabel transportasi hasil langkah-langkah di atas yang memiliki biaya tereduksi terbesar dan dinamakan (i, j) . Jika terdapat lebih dari satu sel, maka dipilih salah satu. Pada Tabel Lampiran 1.6 diketahui biaya tereduksi terbesar adalah 190 pada sel $(2,5)$ dan $(3,5)$. Pilih sel $(2,5)$.

Langkah ke-7 memilih sel pada baris i atau kolom j pada tabel transportasi yang memiliki biaya tereduksi nol dan mengalokasikan semaksimal mungkin pada sel tersebut. Alokasi pertama adalah pada sel yang terletak pada baris 2 dan kolom 5. Pada kolom 5 terlihat hanya memiliki satu elemen nol sehingga pada sel $(4,5)$ dialokasikan sebesar 100 ton dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Alokasi awal IZPM

dari \ ke	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	persediaan
a_1	100	0	40	0	150	100
a_2	130	0	70	20	190	150
a_3	120	0	30	30	190	73
a_4	0	0	0	50	0	247
permintaan	90	260	50	70	100	570

Selanjutnya pada baris 2 memiliki elemen nol di kolom 2, maka pada sel (2,2) dialokasikan sebesar 150 ton dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Alokasi ke-2 IZPM

dari \ ke	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	persediaan
a ₁	100	0	40	0	150	100
a ₂	130	0 150	70	20	190	150
a ₃	120	0	30	30	190	73
a ₄	0	0	0	50	0 100	247
permintaan	90	260	50	70	100	570

Alokasi selanjutnya dengan mencari biaya tereduksi terbesar lainnya yaitu 190 pada sel (3,5) yang terletak pada baris 3 dan kolom 5. Pada kolom 5 sudah teralokasikan sebelumnya kemudian pada baris 3 terdapat elemen nol pada sel (3,2) sehingga dialokasikan sebesar 73 ton. Biaya tereduksi terbesar selanjutnya adalah 150 pada sel (1,5) dan alokasikan pada sel yang terletak pada baris 1 dan kolom 5. Kolom 5 sudah teralokasikan sebelumnya kemudian pada baris 1 terdapat elemen nol pada kolom 2 dan kolom 4, karena pada kolom 4 memiliki satu elemen nol maka dialokasikan sebesar 70 ton dan pada kolom 2 dialokasikan sebesar 30 ton. Biaya tereduksi terbesar selanjutnya adalah 130 pada sel (2,1) dan alokasikan pada sel yang terletak pada baris 2 dan kolom 1. Pada kolom 1 di sel (4,1) dialokasikan sebesar 90 ton. Selanjutnya pada baris ke-2 sudah teralokasi sebelumnya sehingga tidak ada pengalokasian pada baris 2.

Alokasi selanjutnya dengan mencari biaya tereduksi terbesar lainnya yaitu 120 pada sel (3,1) yang terletak pada baris 3 dan kolom 1. Pada baris 3 maupun kolom 1 sudah teralokasikan sebelumnya kemudian mencari biaya tereduksi terbesar lainnya yaitu 100 pada sel (1,1). Pada baris 1 maupun kolom 1 sudah teralokasikan sebelumnya. Alokasi selanjutnya dengan mencari biaya tereduksi terbesar lainnya yaitu 70 pada sel (2,3) yang terletak pada baris 2 dan kolom 3. Pada kolom 3 terdapat elemen nol pada sel (4,3) dan

dialokasikan sebesar 50 ton sedangkan pada baris 2 sudah teralokasikan sebelumnya. Alokasi selanjutnya dengan mencari biaya tereduksi terbesar lainnya yaitu 50 pada sel (4,4) yang terletak pada baris 4 dan kolom 4. Pada kolom 4 sudah teralokasikan sebelumnya sedangkan pada baris 4 tersisa satu elemen nol yang belum teralokasikan, yaitu pada sel (4,2) sehingga pada sel tersebut dialokasikan sebesar 7 ton. Tabel 4.9 menunjukkan hasil akhir alokasi menggunakan IZPM.

Tabel 4.9 Hasil akhir alokasi IZPM

dari \ ke	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	persediaan
a ₁	300	200 30	240	150 70	350	100
a ₂	260	130 150	200	100	320	150
a ₃	270	150 73	180	130	340	73
a ₄	0 90	0 7	0 50	50	0 100	247
permintaan	90	260	50	70	100	570

Pada Tabel 4.9 dapat dihitung total biaya distribusi dengan menggunakan persamaan (2.1).

$$\begin{aligned}
 Z &= 300(0) + 200(30) + 240(0) + 150(70) + 350(0) + 260(0) + 130(150) \\
 &\quad + 200(0) + 100(0) + 320(0) + 270(0) + 150(73) + 180(0) + 130(0) \\
 &\quad + 340(0) + 0(90) + 0(7) + 0(50) + 50(0) + 0(100) \\
 &= 46.950
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan total biaya distribusi pada masalah transportasi di UD Tunas Rimba sebesar Rp 46.950,00 per satuan kilogram, sehingga total biaya distribusi per satuan ton adalah Rp 46.950.000,00.

4.3 Simulasi *Improved Zero Point Method (IZPM)* Menggunakan Bahasa Pemrograman Java

Simulasi menggunakan bahasa pemrograman Java ditujukan agar dapat mempermudah dan mempercepat proses perhitungan. Langkah awal dari tahapan perhitungan ini adalah memasukkan biaya dari sumber *i* ke tujuan *j* seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.

```
General Output
-----Configuration: <Default>-----
----- Program Improved Zero Point Method-----
1. Mulai Percobaan.
0. Keluar!
Masukkan Pilihan Anda: 1

----- Masukan Biaya -----

Masukkan data untuk biaya pada baris 1 dan kolom 1: 300
Masukkan data untuk biaya pada baris 1 dan kolom 2: 200
Masukkan data untuk biaya pada baris 1 dan kolom 3: 240
Masukkan data untuk biaya pada baris 1 dan kolom 4: 150
Masukkan data untuk biaya pada baris 1 dan kolom 5: 350
Masukkan data untuk biaya pada baris 2 dan kolom 1: 260
Masukkan data untuk biaya pada baris 2 dan kolom 2: 130
Masukkan data untuk biaya pada baris 2 dan kolom 3: 200
Masukkan data untuk biaya pada baris 2 dan kolom 4: 100
Masukkan data untuk biaya pada baris 2 dan kolom 5: 320
Masukkan data untuk biaya pada baris 3 dan kolom 1: 270
Masukkan data untuk biaya pada baris 3 dan kolom 2: 150
Masukkan data untuk biaya pada baris 3 dan kolom 3: 180
Masukkan data untuk biaya pada baris 3 dan kolom 4: 130
Masukkan data untuk biaya pada baris 3 dan kolom 5: 340
Masukkan data untuk biaya pada baris 4 dan kolom 1: 0
Masukkan data untuk biaya pada baris 4 dan kolom 2: 0
Masukkan data untuk biaya pada baris 4 dan kolom 3: 0
Masukkan data untuk biaya pada baris 4 dan kolom 4: 0
Masukkan data untuk biaya pada baris 4 dan kolom 5: 0
```

Gambar 4.1 *Input data biaya distribusi*

Proses selanjutnya yaitu memasukkan data persediaan barang dari masing-masing sumber (pabrik) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.

```
----- Masukan Persediaan -----

Masukkan data untuk persediaan pada baris 1: 100
Masukkan data untuk persediaan pada baris 2: 150
Masukkan data untuk persediaan pada baris 3: 73
Masukkan data untuk persediaan pada baris 4: 247
```

Gambar 4.2 *Input data persediaan barang*

Proses selanjutnya yaitu memasukkan data permintaan barang dari masing-masing tujuan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.

```
----- Masukan Permintaan -----

Masukkan data untuk biaya pada kolom 1: 90
Masukkan data untuk biaya pada kolom 2: 260
Masukkan data untuk biaya pada kolom 3: 50
Masukkan data untuk biaya pada kolom 4: 70
Masukkan data untuk biaya pada kolom 5: 100
```

Gambar 4.3 *Input data permintaan barang*

Setelah proses memasukkan data permintaan selesai maka didapatkan tabel transportasi masalah transportasi UD Tunas Rimba seperti pada Gambar 4.4. Selanjutnya didapatkan hasil akhir berupa banyaknya alokasi barang dari sumber i ke tujuan j menggunakan IZPM yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.

Matriks Data						
						Persediaan
	300	200	240	150	350	100
	260	130	200	100	320	150
	270	150	180	130	340	73
	0	0	0	0	0	247
Permintaan	90	260	50	70	100	

Gambar 4.4 Tabel transportasi

Hasil Akhir						
						Persediaan
	0	(30	0	(70	0	100
	0	(150	0	0	0	150
	0	(73	0	0	0	73
	(90	(7	(50	0	(100	247
Permintaan	90	260	50	70	100	

Biaya minimum: 46950.0

Gambar 4.5 Hasil akhir menggunakan IZPM

Lampiran 3 menunjukkan *source code* program IZPM dengan menggunakan bahasa pemrograman Java.

4.4 Solusi Awal Menggunakan Metode Biaya Terkecil

Metode Biaya Terkecil adalah sebuah metode untuk menyusun tabel awal dengan cara pengalokasian distribusi barang dari sumber ke tujuan mulai dari sel yang memiliki biaya distribusi terkecil.

Pada Lampiran 2.1 diketahui biaya transportasi terkecil adalah 0 yang terletak pada sel (4,1), (4,2), (4,3), (4,4) dan (4,5). Pertama pilih sel (4,5) dan dialokasikan distribusi barang sesuai dengan permintaan yaitu sebesar 100 ton (Lampiran 2.1) kemudian pilih sel (4,1) dan dialokasikan sebesar 90 ton (Lampiran 2.2). selanjutnya pilih sel

(4,3) dan dialokasikan sebesar 50 ton (Lampiran 2.3) kemudian dialokasikan pada sel (4,2) = $247-100-90-50=7$ ton (Lampiran 2.4). Biaya transportasi terkecil berikutnya adalah 100 yang terletak pada sel (2,4). Oleh Karena itu, harus dialokasikan distribusi barang sesuai permintaan yaitu sebesar 70 ton (Lampiran 2.5). Biaya transportasi terkecil berikutnya adalah 130 yang terletak pada sel (2,2) dan (3,4). Permintaan pada kolom 4 sudah terpenuhi sebelumnya, selanjutnya dialokasikan pada sel (2,2) = $150-70=80$ ton (Lampiran 2.6). Urutan biaya transportasi terkecil berikutnya ada pada sel (3,2) dan (1,2) maka pada masing-masing sel dialokasikan barang sebanyak sel (3,2) = 73 ton (Lampiran 2.7) dan sel (1,2) = 100 ton (Lampiran 2.8).

Tabel 4.10 Solusi awal dengan metode Biaya Terkecil

dari \ ke	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	persediaan
a ₁	300	200 100	240	150	350	100
a ₂	260	130 80	200	100 70	320	150
a ₃	270	150 73	180	130	340	73
a ₄	0 90	0 7	0 50	50	0 100	247
permintaan	90	260	50	70	100	570

Pada Tabel 4.10 dapat dihitung total biaya distribusi dengan menggunakan persamaan (2.1).

$$\begin{aligned}
 Z &= 300(0) + 200(100) + 240(0) + 150(0) + 350(0) + 260(0) + 130(80) \\
 &\quad + 200(0) + 100(70) + 320(0) + 270(0) + 150(73) + 180(0) + 130(0) \\
 &\quad + 340(0) + 0(90) + 0(7) + 0(50) + 50(0) + 0(100) \\
 &= 47.350
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan total biaya distribusi pada masalah transportasi di UD Tunas Rimba sebesar Rp 47.350,00 per satuan kilogram, sehingga total biaya distribusi per satuan ton adalah Rp 47.350.000,00.

4.5 Uji Optimalitas Menggunakan Metode *Stepping Stone*

Metode *Stepping Stone* diawali dengan tes degenerasi yaitu menghitung banyaknya sel basis pada tabel transportasi metode Biaya Terkecil. Tes degenerasi dilakukan dengan menguji apakah

$m + n - 1$ sama dengan jumlah sel basis. Pada Tabel 4.10 diketahui $m=4$ dan $n=5$ maka $4+5-1= 8$. Diketahui bahwa jumlah sel basis sama dengan aturan $m + n - 1$ maka dapat dilakukan uji optimalitas menggunakan metode *Stepping Stone*. Selanjutnya membuat jalur tertutup pada semua sel non basis (Lampiran 2.9).

Dengan mengikuti jalur tertutup pada Lampiran 2.9 didapatkan nilai $z_{ij} - c_{ij}$ untuk setiap sel non basis sebagai berikut,

$$\begin{aligned} z_{11} - c_{11} &= (1,1) - (1,2) + (4,2) - (4,1) \\ &= 300 - 200 + 0 - 0 = 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{13} - c_{13} &= (1,3) - (4,3) + (4,2) - (1,2) \\ &= 240 - 0 + 0 - 200 = 40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{14} - c_{14} &= (1,4) - (2,4) + (2,2) - (1,2) \\ &= 150 - 100 + 130 - 200 = -20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{15} - c_{15} &= (1,5) - (4,5) + (4,2) - (1,2) \\ &= 350 - 0 + 0 - 200 = 150 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{21} - c_{21} &= (2,1) - (2,2) + (4,2) - (4,1) \\ &= 260 - 130 + 0 - 0 = 130 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{23} - c_{23} &= (2,3) - (4,3) + (4,2) - (2,2) \\ &= 200 - 0 + 0 - 130 = 70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{25} - c_{25} &= (2,5) - (4,5) + (4,2) - (2,2) \\ &= 320 - 0 + 0 - 130 = 190 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{31} - c_{31} &= (3,1) - (3,2) + (4,2) - (4,1) \\ &= 270 - 150 + 0 - 0 = 120 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{33} - c_{33} &= (3,3) - (4,3) + (4,2) - (3,2) \\ &= 180 - 0 + 0 - 150 = 30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{34} - c_{34} &= (3,4) - (3,2) + (2,2) - (2,4) \\ &= 130 - 150 + 130 - 100 = 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{35} - c_{35} &= (3,5) - (4,5) + (4,2) - (3,2) \\ &= 340 - 0 + 0 - 150 = 190 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{44} - c_{44} &= (4,4) - (4,2) + (2,2) - (2,4) \\ &= 0 - 0 + 130 - 100 = 30 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diketahui bahwa nilai $z_{14} - c_{14}$ kurang dari nol, maka pada sel (1,4) dilakukan alokasi mengikuti aturan jalur tertutup. Sehingga didapatkan tabel perbaikan seperti pada Tabel 4.11, selanjutnya membuat jalur tertutup pada semua sel non basis (Lampiran 2.10).

Tabel 4.11 Perbaikan tabel solusi awal

dari \ ke	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	persediaan
a ₁	300	200	240	150	350	100
		30		70		
a ₂	260	130	200	100	320	150
		150				
a ₃	270	150	180	130	340	73
		73				
a ₄	0	0	0	50	0	247
	90	7	50		100	
permintaan	90	260	50	70	100	570

Dengan mengikuti jalur tertutup pada Lampiran 2.10 didapatkan nilai $z_{ij} - c_{ij}$ untuk setiap sel non basis sebagai berikut,

$$\begin{aligned} z_{11} - c_{11} &= (1,1) - (1,2) + (4,2) - (4,1) \\ &= 300 - 200 + 0 - 0 = 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{13} - c_{13} &= (1,3) - (4,3) + (4,2) - (1,2) \\ &= 240 - 0 + 0 - 200 = 40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{15} - c_{15} &= (1,5) - (4,5) + (4,2) - (1,2) \\ &= 350 - 0 + 0 - 200 = 150 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{21} - c_{21} &= (2,1) - (2,2) + (4,2) - (4,1) \\ &= 260 - 130 + 0 - 0 = 130 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{23} - c_{23} &= (2,3) - (4,3) + (4,2) - (2,2) \\ &= 200 - 0 + 0 - 130 = 70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{24} - c_{24} &= (2,4) - (2,2) + (1,2) - (1,4) \\ &= 100 - 130 + 200 - 150 = 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{25} - c_{25} &= (2,5) - (4,5) + (4,2) - (2,2) \\ &= 320 - 0 + 0 - 130 = 190 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{31} - c_{31} &= (3,1) - (3,2) + (4,2) - (4,1) \\ &= 270 - 150 + 0 - 0 = 120 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{33} - c_{33} &= (3,3) - (4,3) + (4,2) - (3,2) \\ &= 180 - 0 + 0 - 150 = 30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{34} - c_{34} &= (3,4) - (3,2) + (1,2) - (1,4) \\ &= 130 - 150 + 200 - 150 = 30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{35} - c_{35} &= (3,5) - (4,5) + (4,2) - (3,2) \\ &= 340 - 0 + 0 - 150 = 190 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{44} - c_{44} &= (4,4) - (4,2) + (1,2) - (1,4) \\ &= 0 - 0 + 200 - 150 = 50 \end{aligned}$$

Diketahui bahwa semua nilai dari $z_{ij} - c_{ij}$ bernilai lebih dari nol sehingga solusi yang didapatkan sudah optimal, maka dengan menggunakan persamaan (2.1) total biaya distribusi menggunakan metode *Stepping Stone* adalah

$$\begin{aligned} Z &= 300(0) + 200(30) + 240(0) + 150(70) + 350(0) + 260(0) + 130(150) \\ &\quad + 200(0) + 100(0) + 320(0) + 270(0) + 150(73) + 180(0) + 130(0) \\ &\quad + 340(0) + 0(90) + 0(7) + 0(50) + 50(0) + 0(100) \\ &= 46.950 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan total biaya distribusi pada masalah transportasi di UD Tunas Rimba sebesar Rp 46.950,00 per satuan kilogram, sehingga total biaya distribusi per satuan ton adalah Rp 46.950.000,00.

4.6 Perbandingan Perhitungan *Improved Zero Point Method (IZPM)* dengan Metode *Stepping Stone*

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil perbandingan algoritma, kelebihan, kekurangan dan hasil dari kedua metode tersebut yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil perbandingan *IZPM* dengan metode *Stepping Stone*

	IZPM	<i>Stepping Stone</i>
Algoritma	Tidak menggunakan solusi awal	Menggunakan solusi awal
Kelebihan	Mudah diterapkan pada masalah transportasi dan menghasilkan solusi optimal tanpa solusi awal	Menghasilkan solusi optimal
Kelemahan	Menutup semua elemen nol pada langkah 4 harus tepat, jika tidak dapat membuat perhitungan rumit	Mendapatkan nilai $z_{ij} - c_{ij}$ melalui proses yang panjang karena dipengaruhi banyaknya sumber dan tujuan
Hasil	Rp 46.950.000,00	Rp 46.950.000,00