

OPTIMISASI MASALAH TRANSPORTASI DISTRIBUSI SEMEN MENGUNAKAN ALGORITMA ARTIFICIAL BEE COLONY

Dinita Rahmalia¹⁾, Teguh Herlambang²⁾

¹⁾Program Studi Matematika, Universitas Islam Darul Ulum Lamongan

²⁾Program Studi Sistem Informasi, Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya

Email : dinitarahmalia@gmail.com, teguh@unusa.ac.id

Abstrak

Pertumbuhan penduduk yang pesat dapat meningkatkan permintaan akan kebutuhan material bangunan yaitu semen. Menurut data salah satu pabrik produsen semen, permintaan semen meningkat. Peningkatan permintaan semen baik oleh individu maupun instansi mengakibatkan peningkatan proses distribusi. Dalam proses distribusi tersebut, pabrik produsen semen juga mengeluarkan biaya transportasi yang dipengaruhi oleh biaya bahan bakar dan muatan. Model optimisasi masalah transportasi adalah menentukan jumlah semen yang harus didistribusikan dari pabrik sumber ke gudang tujuan supaya biaya transportasi minimum dengan kendala jumlah persediaan dan jumlah permintaan. Dalam penelitian ini pabrik sumber direpresentasikan oleh alat transportasi yang mengangkut semen ke gudang tujuan dengan jumlah persediaan adalah jumlah muatan maksimum semen yang dapat diangkut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode heuristik yaitu algoritma Artificial Bee Colony (ABC) yang menyerupai perilaku lebah dalam menemukan nektar. Lebah yang digunakan berupa matriks dimana elemennya adalah variabel keputusan jumlah unit semen yang harus didistribusikan. Dari hasil yang diperoleh melalui algoritma ABC, diperoleh pendekatan solusi optimum yang meminimumkan biaya distribusi dengan memenuhi kendala jumlah persediaan dan jumlah permintaan unit semen.

Kata kunci : Masalah Transportasi, Artificial Bee Colony, Constrained Optimization, Linear Integer Programming

Abstract

Rapid population growth can increase demand for building materials such as cement. According to data from one cement manufacturer, cement demand is increasing. Increased demand for cement by both individuals and agencies leads to an increase in the distribution process. In the distribution process, cement producers also issue transport costs that are affected by fuel and cargo costs. The model of optimization of transportation problems is to determine the amount of cement to be distributed from the source plant to the destination warehouse in order to minimize the minimum transportation costs by the number of inventories and the number of requests. In this study the source plant is represented by the means of transport that carries cement to the destination warehouse with the amount of inventory is the maximum amount of cement load that can be transported. The method used in this research is heuristic method that is Artificial Bee Colony (ABC) algorithm that resembles bee behavior in finding nectar. The bee used is a matrix in which the element is the decision variable of the number of cement units that must be distributed. From the results obtained through the ABC algorithm, the optimum

solution approach is obtained which minimizes the cost of distribution by meeting the constraints of inventory quantities and the quantity of demand for cement units.

Keyword : *Transportation Problems, Artificial Bee Colony, Constrained Optimization, Linear Integer Programming.*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang pesat dapat meningkatkan permintaan akan kebutuhan bangunan seperti perumahan, perkantoran, fasilitas umum, dan sebagainya. Salah satu material yang dibutuhkan untuk membangun bangunan tersebut adalah semen. Menurut data salah satu pabrik produsen semen, permintaan semen meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan data Asosiasi Semen Indonesia (ASI), pada September 2014, penjualan semen naik 2,84% dari 5,63 juta ton menjadi 5,79 juta ton. Akumulasi penjualan semen pada Januari-September 2015 adalah 42,29 juta ton [1].

Peningkatan permintaan semen baik oleh individu maupun instansi mengakibatkan peningkatan proses distribusi. Dalam proses distribusi tersebut, pabrik produsen semen juga mengeluarkan biaya transportasi yang dipengaruhi oleh biaya bahan bakar dan muatan.

Model optimisasi masalah transportasi adalah menentukan jumlah semen yang harus didistribusikan dari pabrik sumber ke gudang tujuan supaya biaya transportasi minimum dengan kendala jumlah persediaan dan jumlah permintaan. Selain itu, jumlah persediaan dan jumlah permintaan diasumsikan sama. Dalam penelitian ini pabrik sumber direpresentasikan oleh alat transportasi yang mengangkut semen ke gudang tujuan dengan jumlah persediaan adalah jumlah muatan maksimum semen yang dapat diangkut.

Metode yang digunakan dalam penelitian sebelumnya [2] menggunakan metode

eksak seperti metode vogel dan metode russell. Selain metode eksak, masalah transportasi telah diteliti menggunakan metode heuristik yaitu Algoritma Genetika [3] [8] dan *Particle Swarm Optimization* [3]. Dalam penelitian ini, akan digunakan metode heuristik yaitu *Artificial Bee Colony* (ABC). Metode heuristik adalah metode yang akan menghasilkan solusi yang mendekati solusi analitik menggunakan faktor acak.

Algoritma Artificial Bee Colony (ABC) ditemukan oleh Karaboga dan Akay pada tahun 2009. Algoritma ABC adalah metode optimisasi yang menyerupai perilaku lebah dalam menemukan nektar. Pada algoritma ABC, terdapat tiga kelompok lebah yaitu *employed bees*, *onlooker bees*, dan *scout bees*. Untuk setiap posisi sumber makanan, terdapat seekor *employed bee*. Posisi sumber makanan direpresentasikan sebagai kandidat solusi dari masalah optimisasi. Jumlah nektar direpresentasikan sebagai nilai fitness. Dari hasil yang diperoleh melalui algoritma ABC, diperoleh pendekatan solusi optimum yang meminimumkan biaya distribusi dengan memenuhi kendala jumlah persediaan dan jumlah permintaan.

METODE PENELITIAN

Model Matematika Masalah Transportasi

Masalah transportasi pertama kali diperkenalkan oleh Hitchcock pada tahun 1941. Secara umum, masalah transportasi adalah mendistribusikan produk dari sekelompok supplier atau source (misal : pabrik sumber) ke sekelompok penerima atau destination (misal gudang tujuan)

dengan meminimumkan biaya distribusi dengan kendala jumlah persediaan dan jumlah permintaan [4] [5]. Dalam hal ini, supplier atau *source* direpresentasikan sebagai alat transportasi yang mengangkut semen ke gudang tujuan dengan jumlah

persediaan adalah jumlah muatan maksimum semen yang dapat diangkut.

Tabel untuk masalah transportasi seperti Tabel 1 dimana jumlah baris adalah jumlah persediaan dan jumlah kolom adalah jumlah permintaan.

Tabel 1. Tabel Masalah Transportasi

| | Tujuan 1 | Tujuan 2 | ... | Tujuan n | Jumlah Persediaan |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|-------------------|
| Sumber 1 | c_{11} | c_{12} | ... | c_{1n} | a_1 |
| Sumber 2 | c_{21} | c_{22} | ... | c_{2n} | a_2 |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots |
| Sumber m | c_{m1} | c_{m2} | ... | c_{mn} | a_m |
| Jumlah permintaan | b_1 | b_2 | ... | b_n | |

Model matematika dari masalah transportasi adalah sebagai berikut:

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Dengan kendala

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

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

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (4)$$

$$x_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Penjelasan dari model matematika adalah :

1. Z adalah fungsi obyektif yaitu biaya distribusi yang dikeluarkan untuk mengirimkan semua unit semen.
2. $x_{ij} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$

adalah variabel keputusan yang menyatakan pengiriman jumlah unit semen dari angkutan i menuju gudang tujuan j

3. $c_{ij} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ adalah biaya distribusi per unit semen dari angkutan i menuju gudang tujuan j
4. $a_i (i = 1, 2, \dots, m)$ adalah jumlah unit semen yang disediakan atau dimuat oleh angkutan i .
5. $b_j (j = 1, 2, \dots, n)$ adalah jumlah unit semen yang diminta oleh gudang tujuan j .
6. $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$ adalah kondisi jumlah persediaan atau jumlah muatan harus sama dengan jumlah permintaan.

Artificial Bee Colony

Dalam ABC [9], terdapat tiga kelompok lebah : *employed bees*, *onlooker bees*, dan *scout bees*. Untuk setiap posisi sumber makanan, terdapat seekor *employed bee*. Posisi sumber makanan direpresentasikan sebagai kandidat solusi dari masalah optimisasi [10]. Jumlah nektar direpresentasikan sebagai nilai *fitness*.

Tugas dari *employed bees* adalah menemukan posisi sumber makanan dan menguji kandungan nektar. Setelah itu,

employed bees memberikan informasi tentang nektar dengan *onlooker bees* melalui tarian lebah. *Onlooker bees* memilih posisi sumber makanan dengan peluang terbaik. Pada *scout bees*, posisi sumber makanan selalu diperbarui melalui beberapa siklus (iterasi) [6].

Diberikan fungsi obyektif $f: X \subseteq R^D \rightarrow R$ dimana D adalah dimensi dari variabel.

Pada tahap inialisasi, bangkitkan solusi awal $x_{ij}, i = 1, 2, \dots, \max_{pop}; j = 1, 2, \dots, D$ secara acak dan hitunglah fitness $f(x_{ij}), i = 1, 2, \dots, \max_{pop}; j = 1, 2, \dots, D$.

Lakukan perulangan sebagai berikut :

1. *Employed Bees*

- a. Pada tahap ini, masing-masing employed bee membangkitkan solusi:

$$v_{ij} = \begin{cases} x_{ij} + \phi_{ij}(x_{ij} - x_{kj}), i \neq k & \text{jika } r_{ij} < MR \\ x_{ij} \text{lainnya} & \end{cases} \quad (6)$$

Dimana ϕ_{ij} adalah bilangan acak antara (-1,1), r_{ij} adalah bilangan acak antara (0,1), dan MR adalah parameter modifikasi.

- b. Hitung fitness $f(v_{ij}), i = 1, 2, \dots, \max_{pop}; j = 1, 2, \dots, D$
- c. Jika solusi baru v_{ij} lebih bagus daripada x_{ij} , update nilai x_{ij} dengan nilai v_{ij}

2. *Onlooker Bees*

Onlooker bees [8] memilih satu solusi terbaik berdasarkan peluang :

$$p_i = \frac{fitness_i}{\sum_{n=1}^{SN} fitness_n}, \quad (7)$$

$i = 1, 2, \dots, \max_{pop}$

Dimana pada masalah minimalisasi, nilai fitness dapat dihitung :

$$fitness_i = \begin{cases} \frac{1}{1 + f(x_i)} & f(x_i) \geq 0 \\ 1 + |f(x_i)| & f(x_i) < 0 \end{cases} \quad (8)$$

3. *Scout Bees*

- a. Hitung nilai x_{ij} baru

$$x_{ij} = x_j^{min} + \theta_{ij}(x_j^{max} - x_j^{min}) \quad (9)$$

Dengan θ_{ij} adalah bilangan acak antara (0,1)

- b. Hitung nilai fitness $f(x_{ij}), i = 1, 2, \dots, \max_{pop}; j = 1, 2, \dots, D$

4. *Simpan* solusi terbaik

Tahap Inialisasi

Misalkan $f(X^k) = R^{m \times n} \rightarrow R$ adalah fungsi fitness yang memetakan lebah X^k ke biaya distribusi. Matriks pada persamaan (10) adalah bentuk solusi dari masalah transportasi.

$$X^k = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Dimana X^k adalah lebah ke k sedangkan x_{ij} adalah variabel keputusan berupa pengiriman unit semen dari angkutan i menuju gudang tujuan j .

Tahap inialisasi dapat dikonstruksi sebagai berikut [7]:

initialization(A, B, \max_{pop})

for $k = 1 : \max_{pop}$

$\pi \leftarrow \{1, 2, \dots, mn\}$

while ($\pi \neq \{ \}$)

- 1. Pilih bilangan acak q dari himpunan π
- 2. Tentukan indeks baris idan kolom j

$$i \leftarrow \left\lfloor \frac{q-1}{n} + 1 \right\rfloor \quad (11)$$

$$j \leftarrow (q-1) \bmod n + 1 \quad (12)$$

3. Hitung nilai $x_{ij}^k(0)$

$$x_{ij}^k(0) \leftarrow \min\{a_i, b_j\} \quad (13)$$

4. Update jumlah persediaan dan jumlah permintaan

$$a_i \leftarrow a_i - x_{ij} \quad (14)$$

$$b_j \leftarrow b_j - x_{ij} \quad (15)$$

$$\pi \leftarrow \pi / \{q\} \quad (16)$$

end
end

Update Posisi Lebah

Karena masalah transportasi adalah model optimisasi yang berkendala, maka posisi lebah yang telah diupdate harus memenuhi kendala

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

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

$$v_{ij}^k = x_{ij}^k + \phi_{ij}(x_{ij}^k - x_{ij}^q) \quad (17)$$

Kendala persediaan :

$$\sum_{j=1}^n v_{ij}^k = \sum_{j=1}^n x_{ij}^k + \phi_{ij}(\sum_{j=1}^n x_{ij}^k - \sum_{j=1}^n x_{ij}^q)$$

$$a_i = a_i + \phi_{ij}(a_i - a_i)$$

$$a_i = a_i$$

Kendala permintaan :

$$\sum_{i=1}^m v_{ij}^k = \sum_{i=1}^m x_{ij}^k + \phi_{ij}(\sum_{i=1}^m x_{ij}^k - \sum_{i=1}^m x_{ij}^q)$$

$$b_j = b_j + \phi_{ij}(b_j - b_j)$$

$$b_j = b_j$$

$$x_{ij} = x_j^{\min} + \theta_{ij}(x_j^{\max} - x_j^{\min}) \quad (18)$$

Kendala persediaan :

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = \sum_{j=1}^n x_j^{\min} + \theta_{ij}(\sum_{j=1}^n x_j^{\max} - \sum_{j=1}^n x_j^{\min})$$

$$a_i = a_i + \theta_{ij}(a_i - a_i)$$

$$a_i = a_i$$

Kendala permintaan :

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = \sum_{i=1}^m x_j^{\min} + \theta_{ij}(\sum_{i=1}^m x_j^{\max} - \sum_{i=1}^m x_j^{\min})$$

$$b_j = b_j + \theta_{ij}(b_j - b_j)$$

$$b_j = b_j$$

Fraction Repair Operator

Solusi yang diperoleh dari masalah transportasi adalah solusi yang berupa bilangan integer. Pada persamaan (17) dan (18), solusi yang dihasilkan memenuhi

$$\text{kendala} \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ dan}$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad \text{namun}$$

menghasilkan bilangan tak integer sehingga diperlukan algoritma *fraction repair operator* untuk menghilangkan nilai pecahan. Algoritma fraction repair operator dapat dikonstruksi sebagai berikut:

fraction_repair(X)

1. Untuk setiap elemen yang mengandung pecahan, bulatkan ke bawah (*floor*) elemen yang mengandung pecahan, kemudian hitung jumlah persediaan dan jumlah permintaan yang baru.

$$x_{ij}^* \leftarrow \lfloor x_{ij} \rfloor \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad (19)$$

$$a_i^* = \sum_{j=1}^n x_{ij}^* \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (20)$$

$$b_j^* = \sum_{i=1}^m x_{ij}^* \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (21)$$

2. Hitung selisih jumlah persediaan $\Delta A = (\Delta a_i)$ dan selisih jumlah permintaan $\Delta B = (\Delta b_j)$

$$\Delta a_i = a_i - a_i^* \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (22)$$

$$\Delta b_j = b_j - b_j^* \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (23)$$

3. Hitung matriks perubahan $\Delta x_{ij} = \text{initialization}(\Delta A, \Delta B)$

4. Jumlahkan untuk menghasilkan elemen yang baru

$$x_{ij} \leftarrow x_{ij}^* + \Delta x_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad (24)$$

Negative Repair Operator

Walaupun *fraction repair operator* dapat memenuhi kendala $\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, i = 1, 2, \dots, m$

dan $\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = 1, 2, \dots, n$ dan semua

elemennya adalah bilangan integer, namun tak semua elemen memenuhi kendala $x_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$.

Oleh karena itu dibutuhkan algoritma negative repair operator untuk mengubah elemen negatif menjadi 0. Algoritma negative repair operator dapat dikonstruksi sebagai berikut :

do

if ($x_{ij} < 0$)

1. Pilih elemen maksimum yang ditandai sebagai x_{hj} pada kolom j ;

2. Masukkan elemen x_{hj}, x_{ij} dengan

$$x_0 \leftarrow x_{ij} \quad (25)$$

$$x_{hj} \leftarrow x_{hj} - |x_0| \quad (26)$$

$$x_{ij} \leftarrow 0 \quad (27)$$

3. Ubah satu elemen pada baris i dimana $x_{ig} > 0, g \in \{1, 2, \dots, n\}$ dengan nilai

$$x_{ig} \leftarrow x_{ig} - |x_0| \quad (28)$$

4. Ubah satu elemen pada baris h

$$x_{hg} \leftarrow x_{hg} + |x_0| \quad (29)$$

end

while ($x_{ij} < 0, i \in \{1, 2, \dots, m\}; j \in \{1, 2, \dots, n\}$)

Algoritma Keseluruhan

Diberikan fungsi obyektif $f : X \subseteq R^{m \times n} \rightarrow R$ dimana $m \times n$ adalah dimensi dari solusi.

Pada tahap inisialisasi, bangkitkan solusi awal $x_{ij}^k, k = 1, 2, \dots, \max_pop$

secara acak dan hitunglah fitness $f(x_{ij}^k),$

$k = 1, 2, \dots, \max_pop$.

Lakukan perulangan sebagai berikut :

1. Employed Bees

a. Pada tahap ini, masing-masing employed bee membangkitkan solusi :

$$v_{ij}^k = \begin{cases} x_{ij}^k + \phi_k(x_{ij}^k - x_{ij}^q), k \neq q & \text{jika } r_k < MR \\ x_{ij}^k \text{lainnya} & \end{cases} \quad (30)$$

Dimana ϕ_k adalah bilangan acak antara $(-1, 1)$, r_k adalah bilangan acak antara $(0, 1)$, dan MR adalah parameter modifikasi.

b. Hilangkan nilai pecahan menggunakan *fraction_repair*(V^k), $k = 1, 2, \dots, \max_pop$

c. Periksa elemen yang bernilai negatif menggunakan *negative_repair*(V^k), $k = 1, 2, \dots, \max_pop$

d. Hitung fitness $f(v_{ij}^k)$ $k = 1, 2, \dots, \max_pop$

e. Jika solusi baru v_{ij} lebih bagus daripada x_{ij} , update nilai x_{ij} dengan nilai v_{ij}

2. Onlooker Bees

Onlooker bees memilih satu solusi terbaik berdasarkan peluang :

$$p_k = \frac{fitness_k}{\sum_{k=1}^{\max_pop} fitness_k}, \quad (31)$$

$$k = 1, 2, \dots, \max_pop$$

Dimana pada masalah minimalisasi, nilai fitness dapat dihitung :

$$fitness_k = \begin{cases} \frac{1}{1 + f(X^k)} & f(X^k) \\ 1 + |f(X^k)| & f(X^k) \end{cases} \quad (32)$$

3. Scout Bees

a. Hitung nilai x_{ij}^k baru

$$x_{ij}^k = x_{ij}^{\min} + \theta_k(x_{ij}^{\max} - x_{ij}^{\min}) \quad (33)$$

- Dengan θ_k adalah bilangan acak antara (0,1)
- Hilangkan nilai pecahan menggunakan $\text{fraction_repair}(X^k)$, $k = 1, 2, \dots, \text{max_pop}$
 - Periksa elemen yang bernilai negatif menggunakan $\text{negative_repair}(X^k)$, $k = 1, 2, \dots, \text{max_pop}$
 - Hitung nilai fitness $f(x_j^k)$, $k = 1, 2, \dots, \text{max_pop}$

4. Simpan solusi terbaik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam optimisasi masalah transportasi distribusi semen, diberikan rasio biaya

distribusi dari angkutan i menuju gudang tujuan j . Biaya distribusi dipengaruhi oleh jarak menuju gudang tujuan dan kapasitas angkutan. Dalam pendistribusian jumlah unit semen, semakin jauh jarak menuju gudang tujuan, biaya distribusi per unit semakin besar karena membutuhkan bahan bakar yang banyak. Dalam pendistribusian jumlah unit semen, semakin kecil kapasitas angkutan, biaya distribusi per unit semakin besar karena membutuhkan tenaga kerja (*driver*) yang banyak.

Simulasi pendistribusian unit semen menuju tujuh gudang diaplikasikan dengan parameter pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 2. Tabel Rasio Biaya Distribusi per Unit Semen

| | Cipta Niaga | Margomulyo | Sayung | Palur | Naragong | Tangerang | Bogor |
|-----------------|-------------|------------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| Truk ¾ | 122,5 | 148,75 | 166,25 | 201,25 | 411,25 | 437,5 | 463,75 |
| Engkel | 49 | 59,5 | 66,5 | 80,5 | 164,5 | 175 | 185,5 |
| Tronton pendek | 30,625 | 37,1875 | 41,5625 | 50,3125 | 102,8125 | 109,375 | 115,9375 |
| Tronton panjang | 24,5 | 29,75 | 33,25 | 40,25 | 82,25 | 87,5 | 92,75 |
| Gandeng | 19,6 | 23,8 | 26,6 | 32,2 | 65,8 | 70 | 74,2 |
| Trailer pendek | 16,33333 | 19,83333 | 22,16667 | 26,83333 | 54,83333 | 58,33333 | 61,83333 |
| Trailer panjang | 14 | 17 | 19 | 23 | 47 | 50 | 53 |

Tabel 3. Tabel Jumlah Persediaan Semen yang Diangkut

| Truk ¾ | Engkel | Tronton pendek | Tronton panjang | Gandeng | Trailer pendek | Trailer panjang | Jumlah |
|--------|--------|----------------|-----------------|---------|----------------|-----------------|--------|
| 10000 | 126500 | 253600 | 14000 | 300000 | 7500 | 63000 | 774600 |

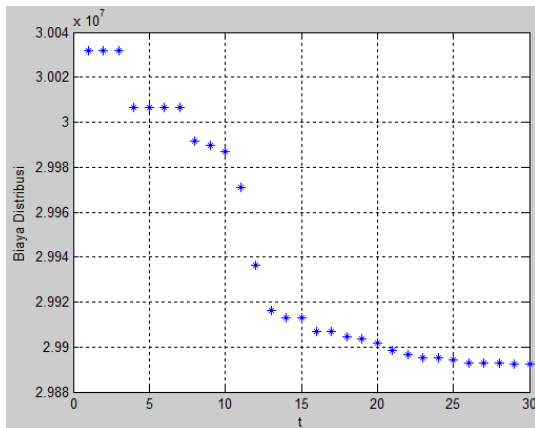
Tabel 4. Tabel Permintaan Semen dari Masing-masing Gudang

| Cipta Niaga | Margomulyo | Sayung | Palur | Naragong | Tangerang | Bogor | Jumlah |
|-------------|------------|--------|--------|----------|-----------|-------|--------|
| 374987 | 119080 | 37970 | 148750 | 57350 | 25994 | 10469 | 774600 |

Diberikan parameter ABC sebagai berikut :

| | |
|-----------------------------|----------------|
| Matriks dimensi lebah | : 7×7 |
| Jumlah lebah dalam populasi | : 20 |
| Parameter modifikasi | : 0,8 |
| Iterasi maksimum | : 30 |

Didapat hasil simulasi proses optimisasi seperti pada Gambar 1:



Gambar 1. Hasil Simulasi Menggunakan Algoritma ABC

Pada Gambar 1, pada iterasi awal, koloni lebah memilih posisi sumber makanan secara acak sehingga menghasilkan biaya distribusi semen sebagai nilai *fitness* yang relative besar. Pada proses optimisasi melalui tahap *employed bees*, *onlooker bees*, dan *scout bees*, informasi nektar diperbarui sehingga biaya distribusi sebagai nilai *fitness* menurun.

Solusi optimum yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Solusi Optimum Jumlah Pendistribusian Unit Semen

| | Cipta Niaga | Margomulyo | Sayung | Palur | Naragong | Tangerang | Bogor |
|--------------------|-------------|------------|--------|--------|----------|-----------|-------|
| Truk $\frac{3}{4}$ | 2 | 1 | 9986 | 8 | 3 | 0 | 0 |
| Engkel | 24227 | 102251 | 4 | 5 | 7 | 6 | 0 |
| Tronton pendek | 243651 | 2561 | 7372 | 0 | 4 | 12 | 0 |
| Tronton panjang | 3668 | 4 | 10258 | 0 | 2 | 57 | 11 |
| Gandeng | 96062 | 8631 | 10328 | 148674 | 4 | 25862 | 10439 |
| Trailer pendek | 7377 | 20 | 16 | 63 | 9 | 3 | 12 |
| Trailer panjang | 0 | 5612 | 6 | 0 | 57321 | 54 | 7 |

KESIMPULAN

Aplikasi algoritma ABC dapat menyelesaikan masalah transportasi distribusi semen. Walaupun pada algoritma ABC, *update* posisi lebah dapat memenuhi kendala persediaan dan

permintaan, namun masih dibutuhkan algoritma *fraction repair operator* untuk mengubah variabel keputusan menjadi integer dan algoritma *negative repair operator* untuk mengubah elemen negatif menjadi 0. Dari hasil simulasi, pada proses optimisasi melalui tahap *employed*

bees, onlooker bees, dan scout bees, informasi nektar diperbarui sehingga biaya distribusi sebagai nilai fitness menurun dan diperoleh pendekatan solusi optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Perindustrian RI. 31 Juli 2016. Penjualan Semen. < URL : www.kemenperin.go.id/artikel/13266/Penjualan-Semen-Naik-7,8
- [2] Pangestuti, K.A., 2008. Minimalisasi Biaya Transportasi Semen. *Laporan Kerja Praktek Jurusan Matematika ITS*
- [3] Rahmalia, D. 2017, Particle Swarm Optimization-Genetic Algorithm (PSOGA) on Linear Transportation Problem, *AIP Conference Proceedings, Vol 1867, August 2017:(020030)1-12*
- [4] Rahmalia, D. 2016, Perbandingan Metode Analitik dan Metode Heuristik pada Optimisasi Masalah Transportasi Distribusi Semen, *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pembelajarannya, Jurusan Matematika FMIPA UM. Malang 13 Agustus 2016*
- [5] Hillier, F.S., Lieberman, G.J. 2001. *Introduction to Operations Research*, hal. 350-381. New York: Mc Graw Hill.
- [6] Taha, H.A. 2007. *Operations Research an Introduction*, hal. 193-215. New Jersey: Prentice Hall
- [7] Karaboga, D, Basburk, B, 2007, A Powerful and Efficient Algorithm for Numerical Function Optimization: Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm, *Journal of Global Optimization, Vol 39 No. 3, 2007:459-471.*
- [8] Gen, M. Cheng, R. 1997. *Genetic Algorithm and Engineering Design*, hal. 262-270. New York : John Wiley and Sons
- [9] Xu, Y, Fan, P, Yuan, L. 2012, A Simple and Efficient Artificial Bee Colony Algorithm, *Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering, Vol 2013, December 2012:547-588.*
- [10] Liao, T, Aydin, D, Stutzle, T, "Artificial Bee Colony for Continuous Optimization: Experimental Analysis and Improvements", *Springer Science and Business Media NewYork*