

Penerapan Algoritma *Artificial Bee Colony* Untuk Optimasi Rute Jalur Terpendek Distribusi Pipa Air Bersih

Application of Artificial Bee Colony Algorithm to Optimize The Shortest Route to Distribute Clean Water Pipes

Mhd. Furqan¹, Yusuf Ramadhan Nasution², Khairunnisa³

Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia

Article Info

Genesis Artikel:

Diterima, 4 Agustus 2022

Direvisi, 8 Agustus 2022

Disetujui, 9 Agustus 2022

Kata Kunci:

Artificial Bee Colony
Pipa Air Bersih
Rute Terpendek
Meta Heuristik

Keywords:

Artificial Bee Colony
Water Pipe
Shortest Route
Meta Heuristic

ABSTRAK

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtanadi adalah perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan air bersih dalam melayani distribusi air bersih ke setiap rumah pelanggan menggunakan saluran pipa yang panjang dan memiliki cabang yang banyak sehingga debit air menjadi terbagi. Dalam hal ini solusi alternatif yang akan diberikan agar pelayanan sambungan air ke setiap rumah menjadi efisien adalah pencarian rute terpendek menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony*. Algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) adalah algoritma meta heuristik yang memiliki kemampuan pencarian global yang kuat dan mampu menyelesaikan masalah yang kontinyu dalam menentukan optimasi rute pipa air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan pihak PDAM Tirtanadi mengambil keputusan dalam menentukan titik lokasi pemasangan pipa air bersih yang akan didistribusikan ke rumah pelanggan. Penelitian ini mempunyai dataset berupa 8 titik pemasangan rumah pelanggan dan satu titik Instalasi Pengolahan Air (IPA). Berdasarkan perhitungan dalam menentukan jalur pipa air bersih yang dilakukan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* didapatkan hasil rute yang optimal yaitu $V1 \rightarrow V7 \rightarrow V4 \rightarrow V9 \rightarrow V8 \rightarrow V2 \rightarrow V6 \rightarrow V3 \rightarrow V5$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa algoritma *Artificial Bee Colony* mampu menentukan pencarian rute pipa distribusi air bersih pada PDAM Tirtanadi dan mampu memberikan solusi pencarian rute terpendek yang lebih baik.

ABSTRACT

Regional Water Company Tirtanadi is a company engaged in clean water treatment and distributing clean water into the customers' houses. The pipelines used are long and branched which causes the water volume to be divided. So, the alternative solution offered, to make sure the water distribution to each customers' houses are efficient, is to search the shortest route using the Artificial Bee Colony algorithm. Artificial Bee Colony algorithm is a meta heuristic algorithm which has a strong global search ability and is able to solve continuous problems on determining the optimal clean water pipe route. This research's goal is to facilitate Tirtanadi company on deciding the best installation point for the clean water distribution pipe. This research uses a dataset in the form of 8 installation points and one water treatment plant point. According to the calculation result on determining the best water pipe route using the Artificial Bee Colony algorithm obtained an optimal route which is $V1 \rightarrow V7 \rightarrow V4 \rightarrow V9 \rightarrow V8 \rightarrow V2 \rightarrow V6 \rightarrow V3 \rightarrow V5$. So it can be concluded that Artificial Bee Colony Algorithm is able to decided the search for clean water distribution pipes route on PDAM Tirtanadi and is able to give a good solution for searching for the shortest route.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Penulis Korespondensi:

Mhd. Furqan,
Program Studi Ilmu Komputer,
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia
Email: mfurqan@uinsu.ac.id

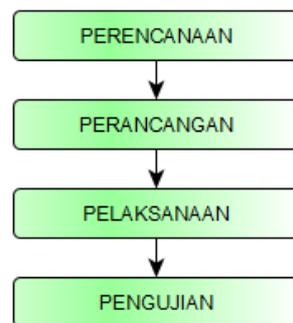
1. PENDAHULUAN

Air merupakan suatu unsur yang mutlak bagi setiap makhluk hidup dan kebersihan pada air merupakan syarat utama terjaminnya kesehatan manusia [1]. Peningkatan jumlah penduduk sangat mempengaruhi tingkat kebutuhan air. Kebutuhan air tersebut bervariasi dan bergantung pada keadaan iklim, standar kehidupan, dan kebiasaan masyarakat [2]. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtanadi adalah perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan air bersih dalam melayani distribusi air bersih ke setiap rumah masyarakat. Pendistribusian air bersih dilakukan menggunakan saluran pipa yang tertutup agar air tidak terkontaminasi oleh zat yang berbahaya. Pendistribusian menggunakan pipa juga dapat memudahkan pendistribusian, walaupun adanya tekanan pada air. Komponen dari sistem distribusi adalah penampungan air (*reservoir*) dan sistem perpipaan [3]. Pipa yang umumnya dipasang mempunyai bentuk yang panjang dan memiliki cabang yang banyak sehingga debit air menjadi terbagi. Oleh karena itu dibutuhkan jalur pipa yang lebih efisien agar pelayanan sambungan air ke setiap rumah menjadi lebih maksimal pada node terakhir. Semakin banyaknya permintaan masyarakat dalam pemenuhan kebutuhan air bersih yang memiliki jumlah yang tidak seimbang dengan debit air yang tersedia di *reservoir*, mengakibatkan tidak terlayani pendistribusian air bersih yang sama pada node terakhir. Berdasarkan permasalahan yang ada, dilakukan kegiatan peningkatan akses melalui sistem perpipaan, dengan cara mengoptimalkan rute jalur pipa menjadi lebih efektif dan efisien dalam hal waktu ataupun biaya menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* [15]-[17]. Algoritma *Artificial Bee Colony* memiliki kemampuan pencarian global yang kuat dan mampu menyelesaikan masalah yang kontinu dalam menentukan optimasi rute pipa air bersih. Pada penelitian ini penulis akan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* dalam pendistribusian jalur pipa air bersih dengan studi kasus PDAM Tirtanadi cabang Medan Denai agar dapat mengoptimalkan pendistribusian air bersih pada node terakhir.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tahapan penelitian

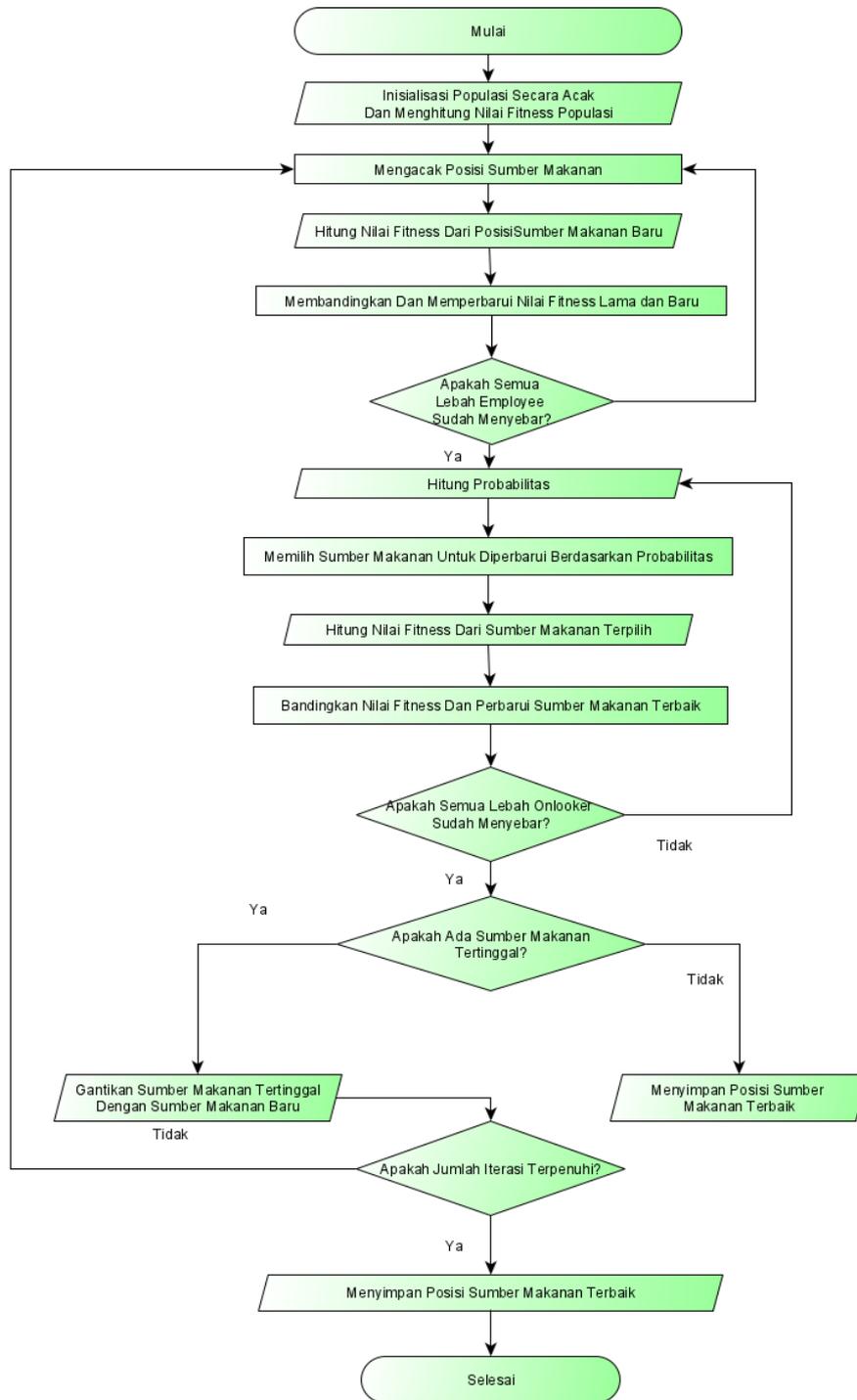
Tahapan ini dilakukan dengan melakukan sebuah penelitian terhadap suatu permasalahan, kemudian akan dilakukan perencanaan berupa pengumpulan data yang diperoleh dari studi literatur dan observasi, selanjutnya melakukan analisis data dan perancangan sistem aplikasi optimasi rute terpendek jalur distribusi pipa air bersih, dan yang terakhir adalah melakukan pengujian dari sistem yang telah dibangun dan menentukan analisis persyaratan berupa proses identifikasi data dan proses yang dibutuhkan sistem serta fungsi dan kegunaan utama dari sistem tersebut. Tahapan-tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Bagan Tahapan Penelitian

2.2. Algoritma *Artificial Bee Colony*

Algoritma yang akan diimplementasikan ke dalam sistem adalah algoritma *Artificial Bee Colony*. Algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) adalah algoritma *metaheuristic* yang meniru perilaku koloni lebah dalam mencari makanan (nektar) [4]. Para lebah melakukan inisialisasi populasi secara acak, dengan cara mencari rute dan menyeleksi setiap rute untuk menemukan solusi terbaik. Kemudian, para lebah akan melakukan evaluasi terhadap nilai *fitness* (sumber makanan) dari populasi. Pada fase lebah *employee*, lebah akan menyebar dan mengulangi iterasi yang sama untuk menemukan sumber makanan baru, dan membandingkan nilai *fitness* yang lama dengan nilai *fitness* yang baru. Lebah *employee* akan memberikan informasi kepada lebah *onlooker* dengan cara melakukan *waggle dance*. [5] Setelah mendapat informasi melalui *waggle dance* lebah *onlooker* akan menghitung nilai probabilitas dari nilai *fitness* dan mencari sumber makanan baru dan membandingkannya kembali. Sumber makanan yang dilupakan oleh lebah *employee* dan lebah *onlooker* akan digantikan dengan sumber makanan yang baru oleh lebah *scout*. Nilai *fitness* sumber makanan yang terbaik akan disimpan dan sumber makanan yang sebelumnya akan ditinggalkan. Jika nilai pembatas belum terpenuhi, maka proses iterasi akan diulangi dari fase lebah *employee* sampai batas yang telah ditentukan dan menemukan solusi terbaik (nektar). Letak sumber makanan direpresentasikan sebagai kandidat solusi dari masalah optimasi dan jumlah nektar direpresentasikan sebagai nilai *fitness* [6]. Pada algoritma *Artificial Bee Colony*, pemecahan atas permasalahan yang optimisasi diilustrasikan sebagai sumber makanan (nektar) [7]. Diagram algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Artificial Bee Colony

1. Fase Inisialisasi

Fase inisialisasi dijalankan untuk mendapatkan rute awal sesuai dengan parameter yang sudah di *input*. Namun titik V1 tidak dihitung karena V1 adalah Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang merupakan titik awal mutlak. Maka dari itu populasi yang ikut serta dalam perhitungan adalah titik V2 sampai V9 yang merupakan rumah pelanggan dengan total 8 populasi. Kemudian setelah didapatkan hasil rute awal, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *fitness* dengan persamaan (1)

$$fit_i = \begin{cases} \frac{1}{1+fit_i}; & f \geq 0 \\ 1 + |f|; & f < 0 \end{cases} \tag{1}$$

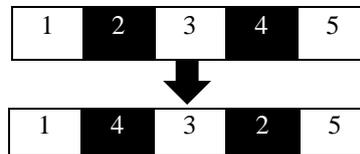
Dimana :

fit_i = Nilai *fitness* dari solusi i yang sebanding dengan nektar jumlah sumber makanan di posisi i

f_i = Jumlah jarak tiap sumber makanan

2. Fase Lebah *Employee*

Untuk mendapatkan *Improvement Solution* pada fase ini digunakan metode *Neighborhood Operator* yang berupa *Swap Operator* dan *Swap Sequence*. Proses *Swap Operator* yaitu menukarkan dua posisi indeks secara acak. *Swap Operator* dilakukan sebanyak jumlah dari populasi. Sekumpulan *Swap Operator* dinamakan *Swap Sequence*. Misalnya bilangan acak nya SO (2,4) maka hasil dari *Swap Operator* SO (2,4) dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Proses *Swap Operator*

3. Fase Lebah *Onlooker*

Pada fase lebah *Onlooker* nilai *fitness* yang didapatkan dari fase lebah *employee* akan dilakukan perhitungan nilai probabilitasnya untuk memilih satu solusi terbaik berdasarkan peluang dengan persamaan (2)

$$P_i = \frac{fit_i}{\sum_{n=1}^{SN} fit_n} \quad (2)$$

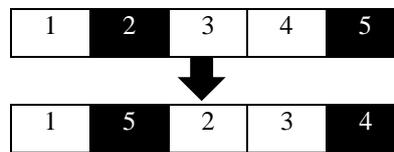
Dimana:

P_i = nilai probabilitas

fit_i = nilai *fitness* solusi ke-i

$\sum_{n=1}^{SN} fit_n$ = Jumlah dari nilai *fitness* ke-i sampai SN

Proses *Insert Operator* yaitu memilih 2 indeks secara acak, kemudian dari 2 indeks yang terpilih akan dipindahkan posisi indeks yang kedua ke posisi indeks yang pertama, lalu urutkan nilai indeks yang tersisa. *Insert Operator* dilakukan sebanyak jumlah dari populasi. Sekumpulan *Insert Operator* dinamakan *Insert Sequence*. Misalnya bilangan acak nya IO (2,5) maka hasil dari *Insert Operator* IO (2,5) dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Proses *Insert Operator*

4. Fase Lebah *Scout*

Setelah melewati dua fase *improvement solution* yaitu fase lebah *employee* dan fase lebah *onlooker*, maka akan masuk ke fase lebah *scout*. Jumlah lebah *scout* bersifat dinamis tergantung kepada jumlah populasi yang memiliki *trial* lebih dari *limit* maksimum. Apabila terdapat populasi yang memiliki nilai *trial* melebihi *limit* maksimum yang telah ditentukan, maka solusi dari populasi tersebut akan hilang dan diganti dengan solusi yang baru dengan mengacak populasi menggunakan teknik random [0,1]. Populasi tersebut digunakan untuk memperbarui jarak yang dihasilkan dan *trial* akan di *reset* kembali menjadi 0. [8] – [14] Hal ini bertujuan agar proses iterasi tidak terjebak pada nilai minimum lokal. Pada iterasi ini lebah *scout* tidak melakukan tugasnya karena tidak ada populasi yang memiliki nilai *trial* melebihi *limit* maksimum yang telah ditentukan yaitu *limit* = 3.

5. Pemilihan Sumber makanan Terbaik

Setelah fase *Scout* terlewati maka akan dilakukan kembali fase lebah *employee* sampai memenuhi batas kriteria berhenti yaitu iterasi maksimum. Sumber makanan yang terbaik akan dipilih dan disimpan sebagai solusi terakhir.

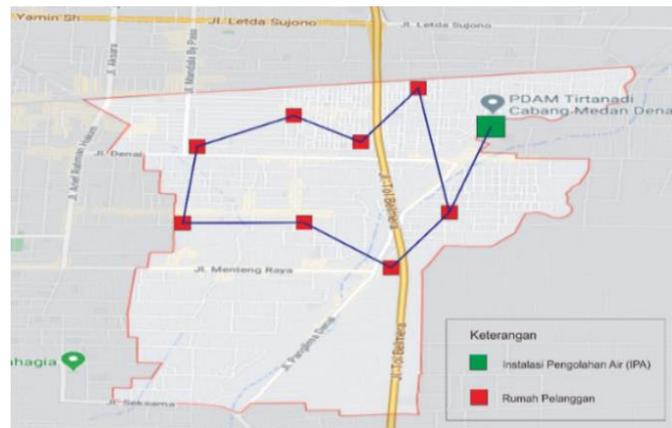
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis data

Tahapan analisis data yang akan dilakukan adalah mengoptimalkan rute terpendek jalur distribusi pipa air bersih menggunakan Algoritma *Artificial Bee Colony*. Adapun dibawah ini terdapat langkah-langkah dalam mengolah data yang diperoleh yaitu, sebagai berikut :

1. Menyediakan data titik-titik rumah pelanggan (titik pemasangan), dan jarak tiap rumah (panjangnya pipa)
2. Menerapkan Algoritma *Artificial Bee Colony* untuk mengoptimasi rute terpendek jalur pipa air bersih dan mendapatkan hasil rute pipa yang lebih optimal, efektif dan efisien.

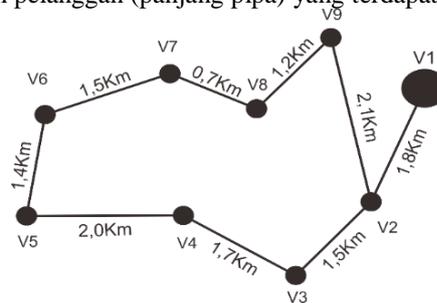
Pada data yang diperoleh terdapat 1 IPA dan 8 rumah yang akan melakukan proses pemasangan pipa air bersih, dari data sampel penelitian tersebut dapat digambarkan pada peta berikut.



Gambar 5. Peta 8 Titik Rumah Pelanggan dan 1 IPA

3.2 Hasil Analisis data

Pengoptimalan jalur distribusi pipa air bersih menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony*, hal yang harus dilakukan adalah menggambarkan titik-titik rumah pelanggan yang direpresentasikan kedalam graph, bobot sisi yang terdapat pada graph merupakan jarak antara titik-titik lokasi rumah pelanggan (panjang pipa) yang terdapat pada gambar 6.



Gambar 6. Graph dengan 9 Titik Lokasi

Berdasarkan data yang ada, jarak (panjang pipa) dapat disusun pada tabel dibawah ini dalam satuan kilometer yaitu sebagai berikut :

Tabel 1. Data Jarak Jalur Pipa Air Bersih (Km)

Jarak (km)	V1 (IPA)	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
V1	0	1.8	3.5	2.8	3.7	2.7	1.7	1.5	1.0
V2	1.8	0	1.5	2.6	4.2	3.4	3.0	1.7	2.1
V3	3.5	1.5	0	1.7	3.0	2.6	1.9	1.4	1.9
V4	2.8	2.6	1.7	0	2.0	1.7	2.5	1.2	1.8
V5	3.7	4.2	3.0	2.0	0	1.4	2.5	3.1	4.1
V6	2.7	3.4	2.6	1.7	1.4	0	1.5	1.9	2.3
V7	1.7	3.0	1.9	2.5	2.5	1.5	0	0.7	1.4
V8	1.5	1.7	1.4	1.2	3.1	1.9	0.7	0	1.2
V9	1.0	2.1	1.9	1.8	4.1	2.3	1.4	1.2	0

Berdasarkan sampel data jarak (panjang pipa) distribusi air bersih maka dilakukan proses perhitungan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony*. Langkah-langkah penyelesaiannya yaitu, sebagai berikut:

1. Menentukan parameter

Pada perhitungan algoritma *Artificial Bee Colony* parameter yang akan digunakan yaitu:

- a. Jumlah Iterasi = 5
- b. Jumlah Populasi = 9
- c. Jumlah Lebah *Employee* = Lebah *Onlooker* = Populasi = 9
- d. Limit = 3

2. Fase Inisialisasi

Fase inisialisasi dilakukan untuk memperoleh rute awal sesuai dengan parameter yang sudah di input. Namun titik V1 tidak dihitung karena V1 adalah Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang merupakan titik awal mutlak. Maka dari itu populasi yang ikut serta dalam perhitungan adalah titik V2 sampai V9 yang merupakan rumah pelanggan dengan total

8 populasi. Kemudian setelah didapatkan hasil rute awal, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *fitness* dengan persamaan (2) dan didapatkan hasil *fitness* yang dijabarkan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Tabel *Fitness* dan Populasi Inisialisasi

Indeks	Populasi	<i>Fitness</i>
1	1	0.36
2	2	0.22
3	3	0.26
4	4	0.21
5	5	0.27
6	6	0.37
7	7	0.40
8	8	0.50

3. Fase Lebah *Employee*

Untuk mendapatkan *Improvement Solution* pada fase ini digunakan metode *Neighborhood Operator* yang berupa *Swap Operator* dan *Swap Sequence*. Proses *Swap Operator* yaitu menukarkan dua posisi indeks secara acak. *Swap Operator* dilakukan sebanyak jumlah dari populasi. Sekumpulan *Swap Operator* dinamakan *Swap Sequence*. Setelah didapatkan hasil rute optimal (sementara) dari proses *Swap Operator*, selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai *fitness* dengan persamaan (2), dan didapatkan hasil yang akan dijabarkan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Tabel Nilai Populasi dan *Fitness Employee*

Indeks	Populasi	<i>Fitness</i>
1	4	0.21
2	2	0.22
3	8	0.50
4	1	0.36
5	6	0.37
6	7	0.40
7	3	0.26
8	5	0.27

Setelah melakukan perhitungan diatas, selanjutnya akan dilakukan perbandingan antara nilai *fitness* pada fase inisialisasi dan nilai *fitness* pada fase lebah *Employee*. Berdasarkan perbandingan tersebut dapat disimpulkan jika nilai *fitness* pada fase lebah *Employee* lebih kecil daripada nilai *fitness* pada fase inisialisasi, maka nilai *trial* akan di *reset* menjadi 0. Tetapi jika nilai *fitness* pada fase lebah *Employee* lebih besar dari nilai *fitness* pada fase inisialisasi, maka nilai *trial* akan ditambahkan 1. Berikut ini terdapat tabel hasil perbandingan antara nilai *fitness* pada fase inisialisasi dan nilai *fitness* pada fase lebah *Employee*.

Tabel 4. Tabel Perbandingan Nilai *Fitness Employee*

Indeks	<i>Fitness Inisialisasi</i>	<i>Fitness Lebah Employee</i>	Hasil Perbandingan Nilai <i>Fitness</i>	<i>Trial</i>
1	0.36	0.21	0.21	
2	0.22	0.22	0.22	
3	0.26	0.50	0.26	
4	0.21	0.36	0.21	1
5	0.27	0.37	0.27	
6	0.37	0.40	0.37	
7	0.40	0.26	0.26	
8	0.50	0.27	0.27	

4. Fase Lebah *Onlooker*

Pada fase lebah *Onlooker* nilai *fitness* yang didapatkan dari fase lebah *Employee* akan dilakukan perhitungan nilai probabilitasnya untuk memilih satu solusi terbaik berdasarkan peluang dengan persamaan (4), dan didapatkan hasil yang dijabarkan pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Tabel Perhitungan Probabilitas dari Populasi

Indeks	Populasi	Probabilitas
1	4	0.08
2	2	0.85
3	8	0.10
4	1	0.08
5	6	0.10
6	7	0.14
7	3	0.10
8	5	0.10

Setelah didapatkan nilai probabilitas dari tiap populasi yang ada, selanjutnya akan dilakukan pemilihan dengan seleksi *roulette wheel*, untuk menentukan populasi mana yang akan diubah nilainya. *Roulette wheel* adalah metode seleksi

acak yang memilih individu terbaik dari populasi saat ini dan diposisikan pada populasi yang baru. Semakin baik kualitas individu maka akan semakin besar peluang individu tersebut akan terpilih untuk menjadi anggota populasi yang baru. Nilai acak pada seleksi *roulette wheel* bernilai antara [0,1]. Jika nilai *random* lebih besar sama dengan nilai probabilitas dan lebih kecil dari nilai probabilitas maka tukar nilai populasi.

Setelah ditentukan populasi mana yang akan diubah, maka selanjutnya akan dilakukan perubahan populasi menggunakan metode *Neighborhood Operator* yang berupa *Insert Operator* dan *Insert Sequence*. Proses *Insert Operator* yaitu memilih 2 indeks secara acak, kemudian dari 2 indeks yang terpilih akan dipindahkan posisi indeks yang kedua ke posisi indeks yang pertama, lalu urutkan nilai indeks yang tersisa. *Insert Operator* dilakukan sebanyak jumlah dari populasi. Sekumpulan *Insert Operator* dinamakan *Insert Sequence*. Setelah mendapatkan hasil dari seleksi *roulette wheel* dan hasil pengacakan menggunakan *Insert Operator*, selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai *fitness* dengan persamaan (2), dan didapatkan hasil yang akan dijabarkan pada tabel 6.

Tabel 6. Tabel Populasi dan *Fitness Onlooker*

Indeks	Populasi	<i>Fitness</i>
1	4	0.21
2	2	0.22
3	3	0.26
4	7	0.40
5	8	0.50
6	5	0.27
7	1	0.36
8	6	0.37

Setelah melakukan perhitungan diatas, selanjutnya akan dilakukan perbandingan antara nilai *fitness* pada fase lebah *Employee* dan nilai *fitness* pada fase lebah *Onlooker*. Berdasarkan perbandingan tersebut dapat disimpulkan jika nilai *fitness* pada fase lebah *Onlooker* lebih kecil daripada nilai *fitness* pada fase lebah *Employee*, maka nilai *trial* akan di *reset* menjadi 0. Tetapi jika nilai *fitness* pada fase lebah *Onlooker* lebih besar dari nilai *fitness* pada fase lebah *Employee*, maka nilai *trial* akan ditambahkan 1. Berikut ini terdapat tabel hasil perbandingan antara nilai *fitness* pada fase lebah *Employee* dan nilai *fitness* pada fase lebah *Onlooker*.

Tabel 7. Tabel Perbandingan Nilai *Fitness Onlooker*

Indeks	<i>Fitness</i> Lebah <i>Employee</i>	<i>Fitness</i> Lebah <i>Onlooker</i>	Hasil Perbandingan Nilai <i>Fitness</i>	<i>Trial</i>
1	0.50	0.21	0.21	
2	0.36	0.22	0.22	
3	0.37	0.26	0.26	
4	0.40	0.40	0.40	
5	0.22	0.50	0.22	0
6	0.27	0.27	0.27	
7	0.21	0.36	0.21	
8	0.26	0.37	0.26	

5. Fase Lebah *Scout*

Setelah melewati dua fase *improvement solution* yaitu fase lebah *employee* dan fase lebah *onlooker*, maka akan masuk ke fase lebah *scout*. Jumlah lebah *scout* bersifat dinamis tergantung kepada jumlah populasi yang memiliki *trial* lebih dari *limit* maksimum. Apabila terdapat populasi yang memiliki nilai *trial* melebihi *limit* maksimum yang telah ditentukan, maka solusi dari populasi tersebut akan hilang dan diganti dengan solusi yang baru dengan mengacak populasi menggunakan teknik random [0,1]. Populasi tersebut digunakan untuk memperbarui jarak yang dihasilkan dan *trial* akan di *reset* kembali menjadi 0. Hal ini bertujuan agar proses iterasi tidak terjebak pada nilai minimum lokal. Pada iterasi ini lebah *scout* tidak melakukan tugasnya karena tidak ada populasi yang memiliki nilai *trial* melebihi *limit* maksimum yang telah ditentukan yaitu 3.

6. Pemilihan Sumber makanan Terbaik

Setelah fase *Scout* terlewati maka akan dilakukan kembali fase lebah *Employee* sampai memenuhi batas kriteria berhenti yaitu iterasi maksimum. Sumber makanan yang terbaik akan dipilih dan disimpan sebagai solusi terakhir [9]. Di awal telah ditentukan parameter yang akan dilakukan sebanyak 5. Maka hasil proses perhitungan iterasi ke-5 dalam optimasi rute terpendek adalah sebagai berikut :

Tabel 8. Tabel Hasil Proses Perhitungan Iterasi ke-5

Fase Inisialisasi		Fase Lebah <i>Employee</i>		Fase Lebah <i>Onlooker</i>		Fase Lebah <i>Scout</i>		Sumber Makanan Terbaik	
Populasi	<i>Fitness</i>	Populasi	<i>Fitness</i>	Populasi	<i>Fitness</i>	Populasi	<i>Fitness</i>	Populasi	<i>Fitness</i>
8	0.50	6	0.37	6	0.37	6	0.37	6	0.37
5	0.27	7	0.40	3	0.26	3	0.26	3	0.26
7	0.40	8	0.50	8	0.50	8	0.50	8	0.50
1	0.36	5	0.27	5	0.27	7	0.40	7	0.40
4	0.21	1	0.36	1	0.36	1	0.36	1	0.36

Fase Inisialisasi		Fase Lebah Employee		Fase Lebah Onlooker		Fase Lebah Scout		Sumber Makanan Terbaik	
Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness
6	0.37	4	0.21	4	0.21	5	0.27	5	0.27
2	0.22	2	0.22	2	0.22	2	0.22	2	0.22
3	0.26	3	0.26	7	0.40	4	0.21	4	0.21
Rute Terbaik						6→3→8→7→1→5→2→4			

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada optimasi rute terpendek pemasangan pipa air bersih menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* dapat disimpulkan bahwa Algoritma *Artificial Bee Colony* merupakan salah satu algoritma *meta heuristic* yang dapat menjadi alternatif dan mampu diterapkan dalam menyelesaikan permasalahan optimasi jalur pemasangan pipa air bersih. Percobaan yang dilakukan menggunakan Algoritma *Artificial Bee Colony* mampu menyelesaikan permasalahan dan menghasilkan jalur terpendek yaitu melewati rute $V1 \rightarrow V7 \rightarrow V4 \rightarrow V9 \rightarrow V8 \rightarrow V2 \rightarrow V6 \rightarrow V3 \rightarrow V5$. Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk mengembangkan hasil penelitian dengan menggunakan algoritma yang berbeda atau menggabungkan algoritma *Artificial Bee Colony* dengan algoritma yang lainnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik untuk pencarian rute yang terdekat.

REFERENSI

- [1] D. Dwijosaputro, Dasar-Dasar Mikrobiologi, Malang: Penerbit Djambatan, 1981.
- [2] B. Chandra, Pengantar Kesehatan Lingkungan, P. Widyastuti, Ed., Jakarta: EGC, 2007.
- [3] M. Dharmasetiawan, Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum, Jakarta: Ekamitra Engineering, 1993.
- [4] D. Karaboga and B. Basturk, "A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm," *Journal of global optimization*, vol. 39, no. 3, pp. 459-471, 2007.
- [5] F. Amri and E. Nababan, "Artificial Bee Colony Algorithm untuk Menyelesaikan Travelling Salesman Problem," *Jurnal Dunia Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 8-13, 2012.
- [6] D. Rahmalia and T. Herlambang, "Optimisasi Masalah Transportasi Distribusi Semen Menggunakan Algoritma Artificial Bee Colony," *Multitek Indonesia Jurnal Ilmiah*, vol. 11, pp. 105-113, 2017.
- [7] B. Akay and D. Karaboga, "A modified artificial bee colony algorithm for real-parameter optimization," *Information sciences*, no. 192, pp. 120-142, 2012.
- [8] L. Wong, M. Y. H. Low and C. S. Chong, "Bee Colony Optimization with Local Search For Travelling Salesman Problem," *Proceeding of 6th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN 2008)*, pp. 1019-1025, 2008.
- [9] D. Karaboga and C. Ozturk, "A novel clustering approach: artificial bee colony (ABC) algorithm," *Elsevier*, pp. 652-657, 2009.
- [10] M. Furqan, Algoritma Hibrida Metode Heuristik dan Eksak Untuk Menyelesaikan Persoalan Mixed Integer Non Linier Programming Berskala besar, 2019.
- [11] M. A. Hermawan, N. Hidayat and B. D. Setiawan, "Sistem Optimasi Rute Tempat Wisata Kuliner Di Malang Menggunakan Algoritma Bee Colony," vol. 1, no. 3, pp. 215-223, 2017.
- [12] A. Kaur and S. Goyal, "A Survey on the Applications of Bee Colony Optimization Techniques," *International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSSE)*, vol. 3, pp. 3037-3046, 2011.
- [13] D. Karaboga, An Idea Based On Honey Bee Swarm For Numerical Optimization, Kayseri: Computer Engineering Departement, 2005.
- [14] A. P. Windarto and Sudirman, "Penerapan Algoritma Semut dalam Penentuan Distribusi Jalur Pipa Pengolahan Air Bersih," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, vol. 8, pp. 123-132, 2018.
- [15] M. A. Yudhitiya, "Penerapan Pencarian Rute Tercepat Aliran Air Menggunakan Algoritma Bee Colony Optimization," vol. 5, no. 4, pp. 353-356, 2018.
- [16] S. A. Malik, "Comparison on the Selection Strategies in the Artificial Bee Colony Algorithm for Examination Timetabling Problem," *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, vol. 1, no. 5, 2011.
- [17] A. S. Bhagade and P. V. Puranik, "Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm for Vehicle Routing Optimization Problem," *International Journal of Soft Computing and Engineering*, vol. 2, no. 2, 2012.