

**OPTIMASI RUTE TERPENDEK JALUR DISTRIBUSI PIPA  
AIR BERSIH MENGGUNAKAN ALGORITMA *ARTIFICIAL*  
*BEE COLONY***

**SKRIPSI**

**KHAIRUNNISA**

**0701162013**



**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2020**

**OPTIMASI RUTE TERPENDEK JALUR DISTRIBUSI PIPA  
AIR BERSIH MENGGUNAKAN ALGORITMA *ARTIFICIAL  
BEE COLONY***

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Komputer*

**KHAIRUNNISA**

**0701162013**



**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2020**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi  
Lamp : -

Kepada Yth,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara,

Nama	: Khairunnisa
Nomor Induk Mahasiswa	: 0701162013
Program Studi	: Ilmu Komputer
Judul	: Optimasi Rute Terpendek Jalur Distribusi Pipa Air Bersih Menggunakan Algoritma <i>Artificial Bee Colony</i>

Dapat disetujui untuk segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Medan, 18 Maret 2021 M  
04 Sya'ban 1442 H

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Skripsi I

Pembimbing Skripsi II

(Dr. Mhd Furqan, S.Si., M.Comp.Sc)  
NIP.19800806200641003

(Yusuf Ramadhan Nst, M.Kom.)  
NIB. 1100000075

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Khairunnisa
NIM	: 0701162013
Program Studi	: Ilmu Komputer
Judul	: Optimasi Rute Terpendek Jalur Distribusi Pipa Air Bersih Menggunakan Algoritma <i>Artificial Bee Colony</i>

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku

Medan, 22 Maret 2021

Khairunnisa

NIM. 0701162013



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. IAIN No. 1 Medan 20235  
Telp. (061) 6615683-6622925, Fax. (061)6615683  
Url: <http://saintek.uinsu.ac.id>, E-mail: [saintek@uinsu.ac.id](mailto:saintek@uinsu.ac.id)

---

**PENGESAHAN SKRIPSI**

Nomor : 170/ST/ST.V.2/PP.01.1/10/2021

Judul : Optimasi Rute Terpendek Jalur Distribusi  
Pipa Air Bersih Menggunakan Algoritma  
*Artificial Bee Colony*  
Nama : Khairunnisa  
Nomor Induk Mahasiswa : 701162013  
Program Studi : Ilmu Komputer  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Ilmu  
Komputer Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan dan  
dinyatakan **LULUS**.  
Pada hari/tanggal : 29 Maret 2021  
Tempat : Via Zoom Meeting

Tim Ujian Munaqasyah,  
Ketua,

Ilka Zufria, M.Kom  
NIP. 198506042015031006

Dewan Penguji,

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Mhd. Furqan, S.Si, M.Comp.Sc.  
NIP. 198008062006041003

Yusuf Ramadhan Nasution, M.Kom.  
NIB. 1100000075

Penguji III,

Penguji IV,

Rakhmat Kurniawan R, S.T., M.Kom.  
NIP. 198503162015031003

Hendra Cipta, M.Si.  
NIB. 1100000063

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sumatera Utara Medan,

Dr. Mhd Syahnan, M.A.  
NIP.196609051991031002

## ABSTRAK

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtanadi adalah perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan air bersih dan distribusi air bersih ke setiap rumah pelanggan. Saluran pipa yang digunakan berbentuk 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 metaheuristik 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 IPA (Instalasi Pengolahan Air). 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 rute terpendek untuk distribusi jalur pipa air bersih pada PDAM Tirtanadi dan mampu memberikan solusi alternatif yang lebih baik dibandingkan menggunakan perhitungan manual.

**Kata Kunci :** *Artificial Bee Colony*, Pipa Air, Rute Terpendek, Metaheuristik

## 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. In this case, 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 metaheuristic 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 the Artificial Bee Colony Algorithm was able to solve the shortest route problem to distribute clean water to customers' houses on Tirtanadi company and was able to give an alternative solution which was better than manual calculation.

**Keywords:** Artificial Bee Colony, Water Pipe, Shortest Route, Metaheuristic

## KATA PENGANTAR

### *Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji dan syukur kita ucapkan kehadiran Allah SWT., di mana atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini disusun sesuai dengan hasil yang telah disetujui oleh prodi dengan judul Optimasi Rute Terpendek Jalur Distribusi Pipa Air Bersih Menggunakan Algoritma *Artificial Bee Colony*. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis berharap mendapat kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Skripsi ini selesai dengan bantuan dari beberapa pihak, sehingga dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat, penulis mengucapkan banyak terima kasih bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moral maupun materiil baik secara langsung ataupun secara tidak langsung dalam kegiatan penyusunan skripsi ini hingga selesai, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis akan mengucapkan terima kasih terutama kepada yang penulis hormati:

1. Bapak Prof. Dr. Syahrin Harahap, MA, selaku rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
2. Bapak Dr. Mhd Syahnan, M.A, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
3. Bapak Ilka Zufria, M.Kom., selaku Ketua Program Studi Ilmu Komputer Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan
4. Bapak Dr. Mhd Furqan, S.Si., M.Comp.Sc., selaku Dosen Pembimbing I Proposal Skripsi di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan
5. Bapak Yusuf Ramadhan Nasution, M.Kom., selaku Dosen Pembimbing II Proposal Skripsi di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan
6. Bapak Muhammad Sidik Hasibuan, M.Kom., selaku Pendamping Pembimbing Proposal Skripsi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

7. Bapak/ibu dosen dan staf di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan, khususnya Program Studi Ilmu Komputer yang telah banyak membantu.
8. Seluruh teman-teman yang selalu memberikan semangat kepada penulis
9. Teristimewa kepada kedua orang tua penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moral dan materiil kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini

Demikian dan akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga proposal skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Medan, 12 Januari 2021

Penulis,

**KHAIRUNNISA**

NIM : 0701162013

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT ..</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Definisi Air Bersih.....	5
2.2 Sistem Distribusi Air bersih.....	5
2.3 Graf .....	8
2.4 Kecerdasan Buatan ( <i>Artificial Intelligence</i> ).....	10
2.5 <i>Artificial Bee Colony (ABC)</i> .....	11
2.6 <i>Flowchart</i> .....	16
2.7 Website .....	20
2.8 Database.....	20
2.9 PHP .....	21
2.10 XAMPP.....	21
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>22</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.1.1 Tempat Penelitian .....	22
3.1.2 Waktu dan Jadwal Penelitian.....	22
3.2 Jenis Penelitian .....	23
3.3 Bahan dan Alat.....	23
3.3.1 Perangkat Keras .....	23
3.3.2 Perangkat Lunak .....	23

3.4	Cara Kerja.....	24
3.4.1	Perencanaan .....	24
3.4.2	Teknik Pengumpulan Data.....	24
3.4.3	Analisa Kebutuhan.....	25
3.4.4	Perancangan .....	25
3.4.5	Pengujian .....	28
3.4.6	Penerapan (Penggunaan).....	28
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1	Pembahasan .....	29
4.1.1	Analisis Data.....	29
4.1.2	Representasi Data .....	30
4.1.3	Hasil Analisis Data .....	30
4.1.4	Perancangan .....	42
4.2	Hasil .....	47
4.2.1	Implementasi Sistem.....	47
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>51</b>
5.1	Kesimpulan .....	51
5.2	Saran .....	51
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>52</b>
	<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2. 1	Pipa Air Bercabang .....	7
2. 2	Pipa Air Terhubung ( <i>Loop</i> ) .....	8
2. 3	Graf G (4,5) .....	9
2. 4	Graf Berarah .....	9
2. 5	Graf Tak Berarah .....	10
3. 1	Bagan Tahapan Penelitian .....	24
3. 2	<i>Flowchart Artificial Bee Colony</i> .....	27
4. 1	Peta 8 Titik Rumah Pelanggan dan 1 IPA .....	30
4. 2	Graf Dengan 9 Titik Lokasi .....	30
4. 3	Proses <i>Swap Operator</i> .....	32
4. 4	Proses <i>Insert Operator</i> .....	36
4. 5	<i>Flowchart Artificial Bee Colony</i> .....	43
4. 6	<i>Flowchart</i> Sistem .....	44
4. 7	<i>Flowchart</i> Menu Utama .....	44
4. 8	<i>Flowchart</i> Menu Tambah Lokasi .....	45
4. 9	<i>Flowchart</i> Menu Optimasi Rute .....	45
4. 10	Tampilan <i>Form</i> Menu Utama .....	46
4. 11	Tampilan <i>Form</i> Tambah Lokasi .....	46
4. 12	Tampilan <i>Form</i> Menu Optimasi Rute .....	47
4. 13	Tampilan Menu Utama .....	47
4. 14	Tampilan Input Data Rumah Pelanggan .....	48
4. 15	Tampilan Data Berhasil di <i>Input</i> .....	48
4. 16	Tampilan Sebelum Optimasi Rute .....	49
4. 17	Tampilan <i>Output</i> Optimasi Rute .....	49
4. 18	Tampilan <i>Output</i> Optimasi Rute Percobaan Kedua .....	50

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Judul Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2. 1	<i>Flowchart</i> Simbol Penghubung/Alur .....	17
2. 2	<i>Flowchart</i> Simbol Proses .....	18
2. 3	<i>Flowchart</i> Simbol <i>Input/Output</i> .....	19
3. 1	Tabel Waktu dan Jadwal Penelitian .....	22
4. 1	Tabel Rumah dan Alamat Pelanggan .....	29
4. 2	Data Jarak Jalur Pipa Air Bersih (Km) .....	31
4. 3	Tabel <i>Fitness</i> dan Populasi Inisialisasi .....	32
4. 4	Tabel <i>Swap Sequence</i> .....	33
4. 5	Tabel Nilai Populasi dan <i>Fitness Employee</i> .....	33
4. 6	Tabel Perbandingan Nilai <i>Fitness Employee</i> .....	34
4. 7	Tabel Perhitungan Probabilitas dari Populasi .....	35
4. 8	Tabel <i>Insert Sequence</i> .....	36
4. 9	Tabel Populasi dan <i>Fitness Onlooker</i> .....	37
4. 10	Tabel Perbandingan Nilai <i>Fitness Onlooker</i> .....	37
4. 11	Tabel Hasil Proses Perhitungan Iterasi 1 .....	39
4. 12	Tabel Hasil Proses Perhitungan Iterasi 2 .....	39
4. 13	Tabel Hasil Proses Perhitungan Iterasi 3 .....	40
4. 14	Tabel Hasil Proses Perhitungan Iterasi 4 .....	41
4. 15	Tabel Hasil Proses Perhitungan Iterasi 5 .....	41

## **DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Lampiran</b>	<b>Judul Lampiran</b>
1.	Listing Program
2.	Kartu Bimbingan Skripsi
3.	Daftar Riwayat Hidup

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air adalah elemen utama yang berasal dari bumi yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan setelah udara, dan menjadi sumber kehidupan bagi seluruh makhluk hidup. Tanpa adanya air, kelangsungan makhluk hidup menjadi terganggu. Karena keberadaan air sangat penting untuk menjaga keseimbangan alam dan isinya. Peningkatan jumlah penduduk sangat mempengaruhi tingkat kebutuhan air. Kebutuhan air tersebut bervariasi dan bergantung pada keadaan iklim, standar kehidupan, dan kebiasaan masyarakat (Chandra, 2007)

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtanadi adalah perusahaan yang dikelola oleh Pemerintah Daerah Kota Medan. Perusahaan ini 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 yang dialirkan dapat terjaga kebersihannya dan 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. (Dharmasetiawan, 1993)

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. Dari 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*. Algoritma *Artificial Bee Colony* memiliki kemampuan pencarian global yang kuat dan mampu menyelesaikan masalah yang kontinu dalam menentukan optimasi rute pipa air bersih.

Algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) adalah algoritma *metaheuristic* yang meniru perilaku koloni lebah dalam mencari makanan (nektar) (Karaboga & Basturk, 2007). Pada algoritma ABC, solusi atas permasalahan yang optimisasi digambarkan sebagai sumber makanan (nektar) (Akay & Karaboga, 2012). Dari suatu solusi *Objective function* dapat digambarkan sebagai kualitas dari nektar yang dihasilkan oleh para lebah. Jumlah dari lebah *onlooker* bernilai sama dengan jumlah lebah *employee*, sedangkan jumlah dari lebah *employee* bernilai sama dengan dengan jumlah sumber makanan. Dalam Al-Qur'an Allah SWT. Juga menjelaskan tentang lebah pada surah An-Nahl ayat 68-69 :

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنِ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ (٦٨) ثُمَّ كُلِي  
 مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلًا يَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ  
 لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ (٦٩)

Artinya : “Dan Tuhanmu mewahyukan kepada lebah: “Buatlah sarang-sarang di bukit-bukit, di pohon-pohon kayu, dan di tempat-tempat yang dibikin manusia. Kemudian makanlah dari tiap-tiap (macam) buah-buahan dan tempuhlah jalan Tuhanmu yang telah dimudahkan (bagimu), dari perut lebah itu keluar minuman (madu) yang bermacam-macam warnanya, di dalamnya terdapat obat yang menyembuhkan bagi manusia. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Tuhan) bagi orang-orang yang memikirkan.” (Q.S. An-Nahl 16: Ayat 68-69).

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.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan dari latar belakang yang telah diuraikan diatas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menerapkan algoritma *Artificial Bee Colony* dalam mengoptimalkan jalur dalam pendistribusian pipa air bersih?
2. Bagaimana cara menentukan jalur terpendek dalam pendistribusian pipa air bersih ke setiap node pemasangan?
3. Bagaimana cara membuat aplikasi optimasi rute terpendek jalur distribusi pipa air bersih menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* berbasis web?

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Proses penyelesaian hanya memperhitungkan jalur terpendek pada pendistribusian pipa air bersih untuk dapat tersalurkan pada setiap node-node pemasangan hingga node terakhir.
2. Algoritma yang digunakan adalah *Artificial Bee Colony*
3. Studi kasus pada penelitian ini dilakukan pada PDAM Tirtanadi Cabang Medan Denai.
4. Aplikasi yang dihasilkan berbasis web.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tujuan yaitu sebagai berikut :

1. Untuk menerapkan algoritma *Artificial Bee Colony* dalam mengoptimalkan proses pemasangan pipa air bersih.
2. Untuk mengetahui cara dalam menentukan jalur terpendek pada pendistribusian pipa air bersih ke setiap node pemasangan.
3. Untuk membangun aplikasi optimasi rute terpendek jalur distribusi pipa air bersih menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* berbasis web

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Pada penelitian ini manfaat yang dihasilkan adalah menjadi salah satu solusi alternatif dalam mengoptimalkan rute jalur pipa air bersih menjadi lebih efektif dan efisien sehingga air dapat dialirkan ke titik terakhir secara optimal.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Air Bersih**

Air adalah sumber daya alam yang diperlukan bagi kehidupan manusia dalam sistem tata lingkungan yang mencakup 70% di laut dan 30% di darat dan udara. Air merupakan suatu unsur yang mutlak bagi setiap makhluk hidup dan kebersihan pada air merupakan syarat utama terjaminnya kesehatan manusia. (Dwijosaputro, 1981).

Manusia membutuhkan air yang bersih dan juga dapat memberikan kesehatan pada tubuh. Air yang bersih dapat dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup dan harus bebas dari zat- zat negatif yang bisa berdampak buruk bagi tubuh manusia. Seiring meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan air bersih juga mengalami peningkatan, karena hampir semua kegiatan manusia memerlukan air, diantaranya untuk dikonsumsi dan sanitasi.

#### **2.2 Sistem Distribusi Air bersih**

Sistem distribusi air bersih adalah proses pengaliran air bersih dari reservoir menggunakan jaringan pipa yang terhubung dengan rumah konsumen atau daerah pelayanan lain seperti kran umum. Dalam sistem distribusi air bersih, hal yang paling penting adalah struktur dari jaringan perpipaan, karena pada pelayanan distribusi air bersih dinilai dari sistem penyaluran air tersebut agar sampai ke rumah konsumen menjadi efisien.

Sistem distribusi air bersih adalah pengaliran air yang dimulai dari air baku hingga sampai ke pelanggan dan telah memenuhi syarat kualitas, kuantitas dan tekanan pada air. Salah satu persyaratan kuantitas pada pelayanan air bersih dapat ditinjau dari ketersediaan air baku yang ada. Jumlah kebutuhan air bersih yang didistribusikan kepada konsumen merupakan persyaratan standar debit air bersih. Kebutuhan air bersih sangat bervariasi sesuai dengan daerah dan jumlah penduduk

serta tergantung pada tingkat ekonomi, letak geografis dan kebudayaan masing-masing.

Pada saat musim hujan dan musim kemarau pengambilan air bersih bisa dilakukan secara kontinu dikarenakan perubahan debit air yang relatif tetap pada air baku. Kontinuitas juga dapat disebut sebagai ketersediaan air pada saat yang diperlukan atau 24 jam/hari. Namun hal ini belum terpenuhi di sebagian besar wilayah di Indonesia, karena mayoritas masyarakat di Indonesia membutuhkan air untuk memenuhi kebutuhannya dengan kuantitas yang tidak dapat ditentukan. Oleh karena itu dibutuhkan *reservoir* pelayanan yang mampu melayani masyarakat setiap saat.

Pada sistem pendistribusian air hal yang paling utama adalah banyaknya air bersih yang tersedia di *reservoir* dan aliran air yang sesuai standar. Sistem distribusi air bersih terdiri dari perpipaan, fasilitas *reservoir* distribusi (penampung air yang telah diolah) digunakan apabila kebutuhan air lebih besar daripada suplai instalasi yang telah tersedia, meteran air yang berfungsi sebagai penentu banyaknya air yang telah digunakan, kran kebakaran dan pompa yang berfungsi menyalurkan air yang berasal dari instalasi pengolahan menuju rumah-rumah pelanggan.

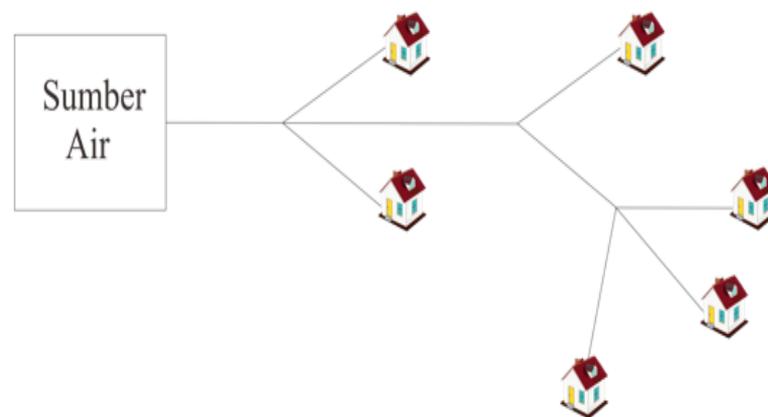
Hal yang perlu diperhatikan dalam sistem distribusi air bersih menurut (Noerbambang & Morimura, 1985) adalah, tekanan air harus mampu mencapai daerah pelayanan meskipun kondisi air bersih sangat kritis, air harus sampai kepada pengguna ataupun masyarakat dengan kualitas air yang bersih tanpa adanya kontaminasi dari zat yang berbahaya, air yang bersih harus dapat memenuhi kebutuhan masyarakat setiap saat dan harus memenuhi jumlah yang cukup (kuantitas dan kontinuitas air yang diproduksi), sistem didesain sedemikian rupa agar tingkat kehilangan air pada sistem distribusi atau kebocoran pipa dapat dihindari karena dapat mempengaruhi efektivitas pelayanan dan efisiensi pengelolaan air bersih.

Dalam pendistribusian air bersih dibutuhkan sistem perpipaan atau saluran tertutup yang bertujuan untuk menghindari terjadinya kontaminasi dengan zat-zat yang negatif selama proses pengaliran air bersih. Dengan adanya tekanan air, air

lebih mudah untuk didistribusikan dengan sistem perpipaan. Ada 2 jenis jaringan pipa yaitu :

**a. Jaringan pipa bercabang.**

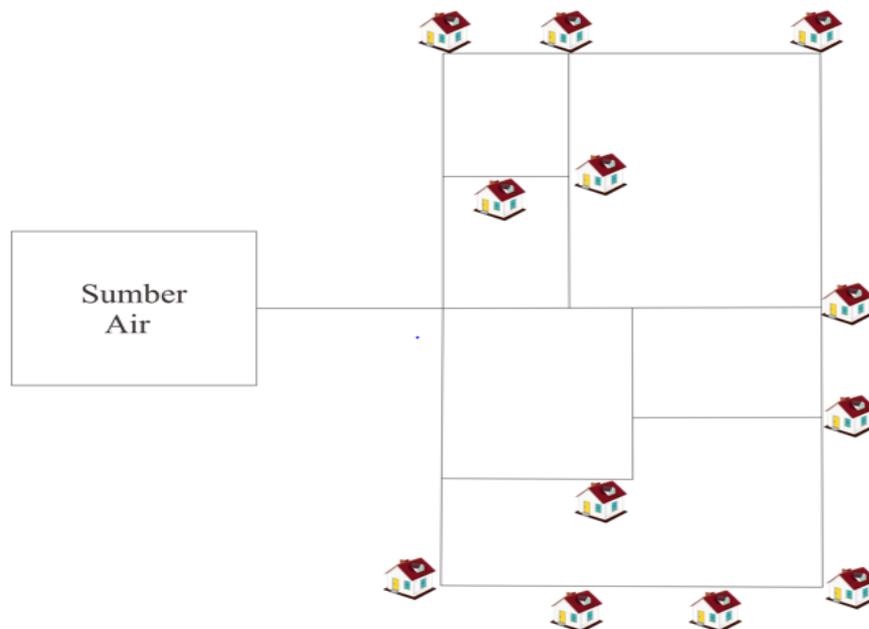
Jaringan pipa bercabang adalah pipa satu jalur yang memiliki beberapa cabang. Jaringan pipa bercabang apabila digunakan pada wilayah yang memiliki jumlah penduduk yang rendah lebih efisien karena pada umumnya jaringan tersebut dibuat hanya satu jalur dan memiliki beberapa cabang. Jenis jaringan ini lebih rawan mengalami gangguan aliran air karena jika terjadi perbaikan atau pergantian pada ruas pipa, maka semua jaringan- jaringan yang terhubung dengan ruas pipa tersebut akan mengalami gangguan aliran seperti pemadaman air, airnya menjadi keruh, dan lain sebagainya, akibatnya semua wilayah akan terkena dampaknya.



**Gambar 2. 1** Pipa Air Bercabang

**b. Jaringan pipa terhubung.**

Jaringan pipa terhubung biasanya disebut dengan jaringan *loop*. Jaringan ini akan terhubung satu sama lainnya terutama dengan pipa distribusinya. Jaringan pipa terhubung apabila digunakan di wilayah perkotaan yang memiliki jumlah penduduk yang tinggi akan sangat menguntungkan karena elevasi tanahnya relatif sama. Jaringan pipa terhubung terdiri dari tiga pipa distribusi utama yang saling terhubung satu sama lain dengan pipa transmisi. Apabila terdapat salah satu ruas pipa yang mengalami gangguan, maka daerah layanan pipa yang lain tidak akan terkena dampak gangguan tersebut.



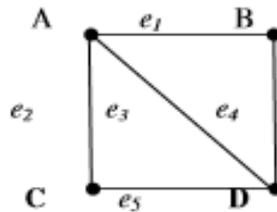
**Gambar 2. 2** Pipa Air Terhubung (*Loop*)

### 2.3 Graf

Graf adalah suatu bentuk diagram yang berisi tentang informasi tertentu yang dapat ditafsirkan secara tepat. Graf dapat digunakan dalam menafsirkan antara hubungan yang terdapat pada objek-objek diskrit. Penafsiran visual dari graf adalah objek dinyatakan sebagai simpul, sedangkan hubungan antara objek satu dan lainnya dinyatakan sebagai jalur. Graf bertujuan untuk memvisualisasi objek agar mudah di mengerti.

Graf juga dapat diartikan sekumpulan simpul ( $V$ ) yang terhubung dengan garis ( $e$ ) atau busur. Graf merupakan himpunan yang terdiri dari objek berupa titik, simpul atau sudut yang dihubungkan dengan garis atau sisi.

Graf biasanya ditulis dengan notasi  $G=(V,E)$ , dimana  $V$  merupakan himpunan tidak-kosong dari simpul simpul dan  $E$  merupakan himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul (Munir, 2005). Jika  $e$  adalah sisi yang menghubungkan simpul  $u$  dengan simpul  $v$  maka  $e=(u,v)$



**Gambar 2. 3** Graf G (4,5)

Sumber : (Munir, 2005)

G (4,5) adalah Graf dengan himpunan simpul V dan himpunan sisi E adalah:

$$V = \{ A, B, C, D \}$$

$$E = \{ (A, B), (A, C), (A, D), (B,D), (C, D) \}$$

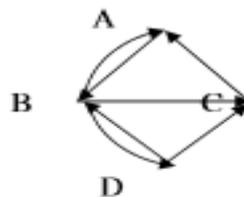
$$= \{ e_1, e_2, e_3, e_4, e_5 \}$$

(Graf dapat digolongkan menjadi 2 jenis berdasarkan sisi ganda yaitu sebagai berikut (Munir, 2005):

1. Graf sederhana (*simple graph*) adalah graf yang tidak memiliki gelang (*loop*) ataupun sisi ganda
2. Graf tak sederhana (*unsimple graph*) adalah graf yang memiliki gelang (*loop*) ataupun sisi ganda.

Berdasarkan orientasi arah, graf terdiri dari 2 jenis, yaitu (Munir, 2005):

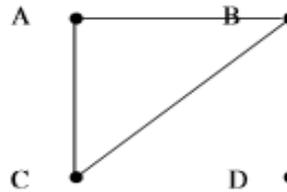
1. Graf berarah adalah graf yang sisinya mempunyai tujuan arah dan urutan pasangan simpul yang dihubungkan oleh sisi diperhatikan, sehingga sisi  $(v_1, v_2) \neq (v_2, v_1)$



**Gambar 2. 4** Graf Berarah

Sumber : (Munir, 2005)

2. Graf tak berarah merupakan graf yang sisinya tidak mempunyai tujuan arah dan tidak memperhatikan urutan pasangan simpul yang dihubungkan oleh sisi, artinya  $(v_1, v_2) = (v_2, v_1)$ .



**Gambar 2. 5** Graf Tak Berarah

Sumber : (Munir, 2005)

Pada penelitian ini graf berfungsi sebagai representasi dari lokasi titik-titik pemasangan pipa air bersih dan panjang rute (pipa), dimana lokasi titik tersebut dapat dilambangkan dengan *Vertex* dan pipa dapat dilambangkan dengan *Edge*. Kumpulan *vertex* tersebut dihubungkan dengan *edge* yang akan membentuk sebuah jaringan pipa air bersih. Representasi dari graf ini akan memudahkan pemahaman informasi untuk menyelesaikan masalah pengoptimalan rute menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony*..

#### 2.4 Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*)

Kecerdasan buatan adalah sebuah ilmu yang terkait dengan pemrograman komputer yang khusus dipusatkan pada perancangan yang bersifat otomatisasi agar komputer melakukan pekerjaan seperti yang dikerjakan oleh manusia. Kecerdasan buatan merupakan salah satu cabang ilmu komputer yang memiliki tujuan untuk menciptakan sebuah komputer agar mampu berpikir dan berlogika layaknya seperti manusia. terdapat dua macam kategori dari AI yaitu:

1. *Weak AI* : yaitu suatu sistem cerdas yang didesain untuk dapat menyelesaikan tugas-tugas tertentu.
2. *Strong AI* : yaitu suatu sistem cerdas yang dirancang dengan kemampuan logika yang mirip seperti manusia pada umumnya. Sistem *strong AI* dapat menemukan solusi dalam menyelesaikan permasalahan tanpa campur tangan manusia ketika dihadapkan pada situasi yang tidak dikenal.

Perkembangan teknologi *Artificial Intelligence* mampu mengambil alih posisi manusia, atau bisa dikatakan mempunyai kecerdasan yang lebih dari manusia, walaupun demikian teknologi *Artificial Intelligence* memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan, adalah sebagai berikut :

- a. Kelebihan AI (*Artificial Intelligent*) :
  1. AI bersifat netral dalam pengambilan keputusan. Keputusan yang dihasilkan lebih nyata dan benar.
  2. AI bersifat permanen namun dapat digunakan berulang-ulang.
- b. Kekurangan AI (*Artificial Intelligent*) :
  1. Beberapa pekerjaan manusia telah digantikan dengan adanya AI.
  2. AI hanya dapat melakukan hal-hal tertentu saja (terbatas), dan tidak dapat menjalankan hal yang lebih banyak layaknya seperti manusia.

*Artificial intelligence* juga merupakan suatu perkembangan teknologi yang memiliki beberapa tujuan, yaitu sebagai berikut :

1. Menciptakan mesin (komputer) menjadi lebih pintar
2. Meringankan pekerjaan manusia agar lebih efektif dan efisien dalam hal waktu maupun biaya
3. Membantu menyelesaikan masalah dalam pengambilan keputusan

Dalam hal ini algoritma *Artificial Bee Colony* merupakan bagian dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), karena Algoritma *Artificial bee colony* merupakan salah satu dari beberapa algoritma *Swarm Intelligence* atau juga disebut *Swarm-based Optimisation (SoA)*. Kebanyakan algoritma *Swarm-based* meniru pola tingkah laku koloni hewan untuk pencarian makanan.

## **2.5 *Artificial Bee Colony (ABC)***

Algoritma *Artificial Bee Colony (ABC)* adalah algoritma *metaheuristic* yang meniru perilaku koloni lebah dalam mencari makanan (nektar) (Karaboga & Basturk, 2007). Kelebihan *Algoritma Artificial Bee Colony* dibandingkan algoritma lainnya yaitu sangat sederhana dan fleksibel, hasil proses optimasi lebih cepat dibanding algoritma lain dengan tingkat keberhasilan tinggi dan akurat. Namun

algoritma *Artificial Bee Colony* memiliki kekurangan yaitu jika dimensi masalah meningkat, pertukaran informasi masih terbatas pada satu dimensi.

Dalam algoritma ABC terdapat 3 jenis koloni lebah yakni, Lebah *Employee*, Lebah *Onlooker*, dan Lebah *Scout*. Perilaku koloni lebah untuk mencari makan dapat diilustrasikan yaitu sebagai berikut (Akay & Karaboga, 2012):

1. Pada tahapan awal dalam pencarian sumber makanan, lebah mulai menelusuri area sekitar sarang secara random untuk memperoleh sumber makanan.
2. Setelah menemukan sumber makanan, lebah mulai berubah menjadi lebah *employee* dan mulai mengeksploitasi sumber makanan yang ditemukan. Setelah itu lebah *employee* akan kembali ke dalam sarang dengan membawa nektar. Setelah meletakkan nektar, lebah *employee* tersebut kembali ke sumber makanan yang dia temukan atau lebah *employee* dapat memberikan informasi mengenai sumber makanan yang dia temukan ke lebah *onlooker* dengan melakukan *waggle dance*. Banyaknya gerakan dalam tarian mengisyaratkan kualitas dari nektar. Apabila nektar telah habis, maka lebah *employee* akan menjadi lebah *scout* dan mulai mencari sumber makanan lain secara acak.
3. Lebah *onlooker* yang menunggu di dalam sarang dapat memilih sumber makan setelah melihat *waggle dance* yang dilakukan oleh lebah *employee*.

Letak sumber makanan direpresentasikan sebagai kandidat solusi dari masalah optimasi dan jumlah nektar direpresentasikan sebagai nilai *fitness* (Rahmalia & Herlambang, 2017). Pada algoritma *Artificial Bee Colony*, pemecahan atas permasalahan yang optimisasi diilustrasikan sebagai sumber makanan (nektar) (Akay & Karaboga, 2012). Pada suatu solusi *Objective function* dapat digambarkan sebagai kualitas dari nektar yang dihasilkan oleh para lebah. Jumlah dari lebah *onlooker* bernilai sama dengan jumlah lebah *employee*, sedangkan jumlah dari lebah *employee* bernilai sama dengan jumlah sumber makanan. Pada akhir fungsi dipilih sumber makanan (nektar) dengan jarak yang optimal (Karaboga, D. & Basturk, B., 2007).

Menurut (Karaboga & Basturk 2007), *Pseudocode* dari Algoritma *Artificial Bee Colony* adalah sebagai berikut:

*Fase Inisialisasi*

*ULANGI*

*Fase Lebah Employee*

*Fase Lebah Onlooker*

*Fase Lebah Scout*

*Mengingat Solusi Terbaik Yang Telah Diperoleh*

*SAMPAI (Siklus = Jumlah Siklus Maksimum Atau Waktu CPU Maksimum)*

**a. Fase Inisialisasi**

Pada fase ini sistem melakukan inisialisasi pada sumber makanan awal. Para lebah akan mencari rute dan menyeleksi setiap rute yang ada untuk menemukan solusi terbaik. Masing-masing sumber makanan  $z_{ij}$  akan diberikan nilai awal dimana  $i = 1, 2, \dots, SN$  dan  $j = 1, 2, \dots, D$ .  $SN$  merupakan jumlah dari sumber makanan dan  $D$  merupakan jumlah parameter yang digunakan. Berikut ini adalah persamaan untuk inisialisasi sumber makanan :

$$z_i^j = z_{min}^j + rand(0,1) z_{max}^j - z_{min}^j \quad (1)$$

Dimana :

$z_i^j$  = Menentukan solusi awal  $i$  menggunakan parameter  $j$

$z_{min}^j$  = Nilai solusi terkecil dari parameter  $j$

$z_{max}^j$  = Nilai solusi terbesar dari parameter  $j$

$Rand$  = Nilai acak antara 0 sampai 1

$i = 1, \dots, SN$ ,  $SN$  adalah jumlah kemungkinan solusi (sumber makanan)

$j = 1, \dots, D$ ,  $D$  adalah jumlah parameter yang digunakan.

Letak sumber makanan melambangkan peluang solusi terbaik untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dan jumlah nektar pada setiap sumber makanan akan dihitung dengan nilai *fitness*, dengan persamaan sebagai berikut :

$$fit_i = \begin{cases} \frac{1}{1+f_i} ; f \geq 0 \\ 1 + |f| ; f < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Dimana :

$fit_i = Fitness$  dari solusi  $i$  yang senilai dengan nektar sumber makanan pada  $i$

$f_i =$  Jumlah jarak tiap sumber makanan

#### b. Fase *Employee Bee*

Pada fase ini lebah *employee* akan melakukan penjelajahan untuk mencari sumber makanan baru dan memiliki kandungan nektar yang lebih banyak (nilai *fitness* terbaik) disekitar daerah sumber makanan  $z_{ij}$  dengan persamaan sebagai berikut :

$$v_{ij} = z_{ij} + \Phi_{ij} (z_{ij} - z_{kj}) \quad (3)$$

Dimana :

$v_{ij} =$  Nilai perluasan solusi  $i$  dengan parameter  $j$

$z_{ij} =$  Nilai solusi  $i$  dengan parameter  $j$

$i = 1..SN$ , dimana SN adalah jumlah solusi (sumber makanan)

$j = 1..D$ , dimana D adalah jumlah parameter yang digunakan

$\Phi_{ij} =$  bilangan real antara [-1,1]

Dimana  $k$  merupakan seleksi acak dari sumber makanan yang berbeda dengan  $i$ . Nilai  $k = \{1, 2, \dots, N\}$  ( $k \neq i$ ) dan  $j = \{1, 2, \dots, D\}$  adalah indeks yang ditentukan secara acak, dan  $\Phi_{ij}$  bilangan yang bernilai acak antara [-1, 1].

Setelah lebah *employee* mendapatkan sumber makanan yang baru, nilai *fitness* sumber makanan baru akan dihitung dengan fungsi persamaan (2). Lalu nilai *fitness* sumber makanan yang baru akan dibandingkan dngan nilai sumber makanan yang sebelumnya menggunakan seleksi *greedy*. Nilai *fitness* sumber makanan yang terbaik akan di simpan dan sumber makanan yang sebelumnya akan dilupakan oleh lebah *employee*.

**c. Fase *Onlooker Bee***

Pada fase ini lebah *onlooker* akan bertugas menanti dan memperoleh informasi sumber makanan dari lebah *employee*. Berdasarkan informasi yang diberikan dari lebah *employee* sumber makanan (nilai *fitness*) yang terpilih akan dihitung nilai probabilitasnya. Lebah *onlooker* memilih sumber makanan berdasarkan nilai probabilitasnya, namun tidak hanya satu lebah *onlooker* saja yang dapat memilih sumber makanan yang sama, lebih dari satu lebah *onlooker* dapat menentukan sumber makanan jika sumber makanan tersebut mempunyai nilai *fitness* yang tinggi. Untuk menghitung nilai probabilitas dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_i = \frac{fit_i}{\sum_{n=1}^{SN} fit_n} \quad (4)$$

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*

Perhitungan nilai probabilitas kumulatif akan dilakukan setelah menghitung nilai probabilitas dari sumber makanan. Besar dari sumber makanan yang terpilih menjadi anggota populasi baru, ditinjau dari tingginya nilai *fitness* sumber makanan.

Kemudian *onlooker bee* akan memulai pencarian sumber makanan yang baru menggunakan persamaan (3) di sekitar daerah sumber makanan. Dalam tahap pencarian sumber makanan yang baru berdasarkan nilai probabilitas relatif dan probabilitas kumulatifnya akan dilakukan menggunakan seleksi *roulette wheel*. Sama seperti fase lebah *employee*, Setelah sumber makanan yang baru telah ditemukan, nilai *fitness* sumber makanan baru akan dihitung dengan fungsi persamaan (2). Kemudian nilai *fitness* sumber makanan yang baru akan dibandingkan dngan nilai sumber makanan yang sebelumnya menggunakan seleksi

*greedy*. Nilai *fitness* sumber makanan yang terbaik akan di simpan dan sumber makanan yang sebelumnya akan dilupakan oleh lebah *employee*.

#### **d. Fase Scout bee**

Pada tahap ini sumber makanan yang dilupakan oleh lebah *employee* dan lebah *onlooker* akan digantikan dengan sumber makanan yang baru oleh lebah *scout*. Dalam algoritma ABC, jika posisi tidak dapat diperbaiki lebih jauh setelah melalui jumlah siklus yang ditentukan, maka sumber makanan tersebut dianggap telah terlewati atau dilupakan. Parameter *control* yang terpenting dari algoritma ABC adalah jumlah siklus yang telah ditentukan, yaitu disebut dengan "*limit*" untuk dilupakan. Misalnya sumber makanan yang dilupakan adalah  $Z_{ij}$  dan  $j \in \{1, 2, \dots, D\}$ , kemudian lebah *scout* menentukan nilai awal dari sumber makanan baru untuk menggantikan  $Z_j$ . Fungsi untuk menentukan nilai awal dari sumber makanan sama dengan fungsi untuk mencari sumber makanan yang baru yaitu persamaan (1).

Persis seperti pada fase lebah-lebah sebelumnya, setelah mendapatkan sumber makanan yang baru, nilai *fitness* sumber makanan baru akan dihitung dengan fungsi persamaan (2). Kemudian nilai *fitness* sumber makanan yang baru akan dibandingkan dengan nilai sumber makanan yang sebelumnya menggunakan seleksi *greedy*. Nilai *fitness* sumber makanan yang terbaik akan di simpan dan sumber makanan yang sebelumnya akan dilupakan.

#### **e. Pemilihan Sumber Makanan Terbaik**

Pada fase ini, ketiga fase (*Employee bee*, *Onlooker bee*, dan *Scout bee*) akan terus melakukan perulangan hingga batas iterasi dan sumber makanan terbaik dari setiap lebah akan dibandingkan, dan sumber makanan yang terbaik akan terpilih sebagai solusi terakhir.

### **2.6 Flowchart**

*Flowchart* terdiri dari kata *Flow* yang berarti alir dan *Chart* yang berarti bagan. *Flowchart* merupakan bagan yang memiliki aliran untuk mengilustrasikan

tahap-tahap solusi suatu masalah yang berisikan simbol-simbol tertentu. secara umum *flowchart* terdiri dari tiga bagian yaitu *input*, proses dan *output*.

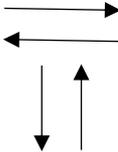
Menurut (Indrajani, 2011), *Flowchart* merupakan visualisasi secara grafik dari langkah-langkah dan urutan prosedur suatu program. Biasanya mempengaruhi penyelesaian masalah yang khususnya perlu diamati dan dipertimbangkan lebih lanjut.

Di dalam *flowchart* terdapat 3 kelompok notasi atau simbol-simbol yang sering digunakan, yaitu sebagai berikut:

1. Simbol penghubung/Alur (*Flow Direction Symbols*)

Simbol ini dapat disebut juga dengan *Connecting line*, yaitu simbol yang menghubungkan antara simbol satu dengan simbol yang lainnya.

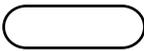
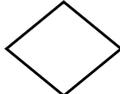
**Tabel 2. 1** *Flowchart* Simbol Penghubung/Alur

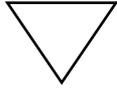
No	Simbol	Nama	Keterangan
1		Konektor	Simbol ini berfungsi untuk memberikan bentuk yang sederhana dalam menghubungkan antar simbol proses yang memiliki letak yang rumit atau berjauhan bila terhubung dengan garis pada satu halaman,.
2		Garis Alir	Simbol ini berfungsi untuk menghubungkan antara satu simbol dengan simbol yang lainnya
3		Konektor <i>off-page</i>	Simbol ini berfungsi untuk menyambungkan proses pada halaman atau lembaran yang berbeda

2. Simbol proses (*Processing Symbols*)

Simbol ini memberikan petunjuk jenis operasi pengolahan suatu proses (prosedur).

**Tabel 2. 2** *Flowchart* Simbol Proses

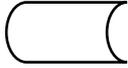
No	Simbol	Nama	Keterangan
1		Proses	Simbol yang digunakan untuk menunjukkan kegiatan yang akan terjadi pada <i>flowchart</i>
2		Terminal	Menyatakan awal atau akhir dari sebuah proses
3		Operasi Manual	Simbol ini berfungsi untuk memberi petunjuk proses yang tidak dilakukan oleh komputer
4		<i>Input</i> Manual	Simbol ini digunakan untuk memasukkan data secara manual melalui <i>keyboard</i>
5		Titik Keputusan	Simbol ini berfungsi untuk memilih sebuah keputusan ataupun proses berdasarkan pada kondisi tertentu. Simbol ini memberikan dua kondisi yang berbeda yaitu Ya/Tidak.
6		Persiapan	Menyatakan persiapan sebuah nilai untuk langkah/proses selanjutnya
7		Proses Yang Telah Ditetapkan	Simbol ini berfungsi untuk menyatakan suatu proses yang kompleks dan tidak dapat dijabarkan secara jelas. Pada umumnya simbol ini akan memberikan keterangan tambahan yang terpisah.

8		Penyimpanan <i>Offline</i>	Simbol ini berfungsi untuk menyatakan bahwa data yang terdapat pada simbol tersebut akan di simpan ke suatu media tertentu.
---	---	-------------------------------	---

### 3. Simbol *Input/Output* (*Input/Output Symbols*)

Simbol ini memberikan petunjuk jenis dari alat-alat yang akan digunakan sebagai media *input/output*.

**Tabel 2. 3** *Flowchart Simbol Input/Output*

No	Simbol	Nama	Keterangan
1		Penyimpanan	Simbol ini berfungsi untuk menunjukkan <i>input</i> yang bersumber dari <i>disk</i> atau data yang disimpan ke dalam <i>disk</i> .
2		Dokumen	Simbol ini menunjukkan <i>input</i> yang bersumber dari dokumen dan akan menghasilkan <i>output</i> yang akan dicetak ke kertas
3		<i>Punch Card</i>	Simbol ini menunjukkan <i>input</i> yang bersumber dari kartu dan akan menghasilkan <i>output</i> tulisan ke kartu tersebut
4		Masukan/Keluaran	Simbol ini berfungsi untuk menyatakan <i>input</i> data dan <i>output</i> data, yang dimulai hanya dari masukan lalu menuju keluaran, tidak dapat dilakukan sebaliknya.

## 2.7 Website

Website adalah sekumpulan halaman untuk menampilkan informasi berupa tulisan, suara, animasi, gambar, maupun gabungan dari semuanya, baik yang bersifat statis maupun dinamis yang saling terkait dan membentuk satu rangkaian bangunan yang terhubung dengan jaringan-jaringan halaman. (Bekti, 2015).

Website terbagi menjadi dua yaitu website statis dan website dinamis (Rahmadi, 2013) :

1. Website statis, adalah website yang memiliki informasi yang bersifat tidak berubah dan tetap, informasi yang terdapat pada website berasal hanya dari si pemilik website
2. Website dinamis, adalah website yang secara struktur diarahkan untuk diperbarui. Informasi yang didalamnya dapat diubah oleh si pemilik website dan si pengguna dari website.

Terdapat beberapa Software yang dibutuhkan dalam proses pembuatan website yaitu:

- a. *Text Editor*, berfungsi sebagai aplikasi untuk menuliskan script program. Contohnya : Visual Studio Code, Notepad++, Sublime Text, dan lain sebagainya.
- b. *Server Web*, berfungsi sebagai aplikasi menyimpan dan membagikan data ke komputer-komputer yang terhubung dengan internet. Contohnya : Apache, Nginx, XAMPP, Oracle, Litespeed, dan lain sebagainya.
- c. *Web Browser*, berfungsi sebagai aplikasi yang dapat menampilkan hasil website yang telah dibuat, dan sudah dapat diakses komputer menggunakan jaringan internet. Contohnya : Mozilla Firefox, Google Chrome, dan Safari

## 2.8 Database

Database adalah kumpulan-kumpulan file data yang berhubungan satu dengan yang lainnya yang disusun sedemikian rupa agar dapat memperoleh, memproses, dan menghapus data tersebut menjadi lebih mudah. Lingkungan sistem database menekankan pada data yang tidak tergantung (*independent*) pada aplikasi yang akan menggunakan data tersebut. (Masrur, 2015).

Database (Basis data) terdiri dari tabel, *query*, skema, laporan dan objek-objek lainnya. Database bermanfaat untuk mengantisipasi beberapa data yang redundan (ganda). Database juga dapat memilih kualitas dari sebuah informasi, mengamankan sebuah data, menyelesaikan permasalahan data yang sulit diakses, dan dapat tertata dengan format standar dari sebuah data.

Salah satu contoh program dari Database adalah MySQL. MySQL adalah *software* database yang cukup populer di kalangan linux, hal ini didukung karena kinerja *query* dari database nya dapat dikatakan paling cepat dan hampir tidak ada masalah. (Sidik, 2014)

## 2.9 PHP

PHP adalah singkatan dari “*Hypertext Preprocessor*”, yaitu yang berarti sebuah bahasa pemrograman yang digunakan dalam pembuatan atau pengembangan suatu web. PHP berhubungan juga dengan HTML, karena PHP bekerja di sisi *server* (*server-side HTML-embedded scripting*). Artinya sintaks dan perintah yang diberikan sepenuhnya akan berjalan di server namun dapat disertakan pada *page* HTML biasa sehingga *script*-nya tidak terlihat di sisi *client*. PHP didesain sedemikian rupa agar pembuatan dokumen HTML dapat bekerja sama dengan database server, sehingga HTML bisa mengakses database menjadi lebih mudah. Tujuan dari bahasa *scripting* adalah untuk menciptakan sebuah aplikasi yang dibangun oleh PHP dan memberikan hasil pada *web browser* namun, secara keseluruhan proses yang dijalankan berada di *server*. (Palit dkk, 2015)

## 2.10 XAMPP

XAMPP adalah singkatan dari X, *Apache*, MySQL, PHP dan *Perl*. XAMPP merupakan perangkat lunak yang bebas, dan dapat mendukung kompilasi dari beberapa program atau sistem operasi. XAMPP berfungsi sebagai server yang mampu berdiri sendiri (*localhost*), terdiri dari program *Apache* HTTP Server, MySQL database, dan penerjemah bahasa yang ditulis dengan bahasa pemrograman PHP dan *Perl*.

**BAB III**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

**3.1.1 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di PDAM TIRTANADI Cabang Medan Denai yang terletak di jalan Garuda Jaya I No.107 Tegal Sari Mandala II.Kec. Medan Denai, Kota Medan, Sumatera Utara.

**3.1.2 Waktu dan Jadwal Penelitian**

Waktu dan Jadwal pelaksanaan pada penelitian optimasi rute terpendek jalur distribusi pipa air bersih menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* terdapat pada tabel berikut ini :

**Tabel 3. 1** Tabel Waktu dan Jadwal Penelitian

No	Waktu	Jadwal Penelitian			
		Desember	Januari	Februari	Maret
1	Perencanaan				
2	Pengumpulan data				
3	Observasi				
4	Analisis Data dan Perancangan Sistem				
5	Pengujian Sistem				

Pada bulan Desember dilakukan perencanaan penelitian yang meliputi pencarian solusi, perencanaan perangkat lunak guna menerapkan solusi, dan perencanaan yang akan dilaksanakan pada penelitian ini. Pada bulan Januari dan

Februari dilakukan pengumpulan data yang dikumpulkan dari studi literatur dan observasi ke instansi PDAM Tirtanadi Cabang Medan Denai. Pada bulan Februari dan Maret dilakukan analisis data dan perancangan sistem optimasi rute terpendek jalur distribusi pipa air bersih. Pada bulan Maret dilakukan 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.

### **3.2 Jenis Penelitian**

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode penelitian kuantitatif, yaitu penelitian yang terdiri dari variabel-variabel yang diukur dengan angka, mulai dari data yang dikumpulkan, data yang ditafsirkan, serta penampilan dari hasilnya.

### **3.3 Bahan dan Alat**

Dalam proses penelitian, penulis membutuhkan beberapa alat dan bahan untuk membantu mengumpulkan data dalam menyelesaikan penelitian ini. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak, adalah sebagai berikut :

#### **3.3.1 Perangkat Keras**

Perangkat keras yang digunakan sebagai alat dalam pembangunan sistem ini, adalah sebagai berikut :

1. Processor Intel® Core™ i3-3110M CPU @2.40GHz (4 CPUs), ~2.4GHz
2. Storage HDD 500GB  
RAM 2GB

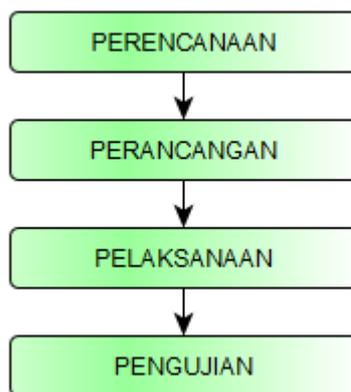
#### **3.3.2 Perangkat Lunak**

Perangkat lunak yang digunakan sebagai alat dalam pembangunan sistem ini, adalah sebagai berikut :

1. *Operating System* Windows 10 Pro 64-bit
2. Notepad++
3. MySQL
4. XAMPP

### 3.4 Cara Kerja

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan cara kerja adalah, sebagai berikut :



**Gambar 3. 1** Bagan Tahapan Penelitian

#### 3.4.1 Perencanaan

Pada tahapan perencanaan dilakukan identifikasi tentang masalah yang selanjutnya akan dibahas, berdasarkan literatural dan informasi yang didapat. Tahapan ini juga akan melakukan perencanaan dengan menganalisa setiap aspek-aspek yang dibutuhkan berupa persiapan untuk mendukung penelitian dalam membangun aplikasi, yaitu meliputi aspek perangkat lunak dan perangkat keras yang akan digunakan.

#### 3.4.2 Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini terdapat dua jenis teknik pengumpulan data yaitu, sebagai berikut :

1. Studi Literatural, adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan daftar pustaka, membaca dan mencatat, serta mengolah bahan penelitian atau mencari referensi teori yang relevan dengan materi kasus atau permasalahan yang ditemukan. Umumnya dalam penulisan skripsi, referensi yang digunakan adalah buku tentang studi pustaka dan cara penyusunan skripsi pada Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
2. Observasi, yaitu pengumpulan data dan informasi yang dilakukan dengan pengamatan secara langsung terhadap objek penelitian. Penulis mengambil data sampel instalasi aliran pipa air bersih pada perusahaan PDAM Tirtanadi

Cabang Medan Denai yang terletak di Jalan Garuda Raya I No. 107 Tegal Sari Mandala II, Kec. Medan Denai, Kota Medan, Sumatera Utara. Data yang diambil berupa data primer yaitu berupa data lokasi titik-titik pemasangan jalur pipa air dan kriteria beserta syarat pemasangan pipa air bersih pada pelanggan baru.

### **3.4.3 Analisa Kebutuhan**

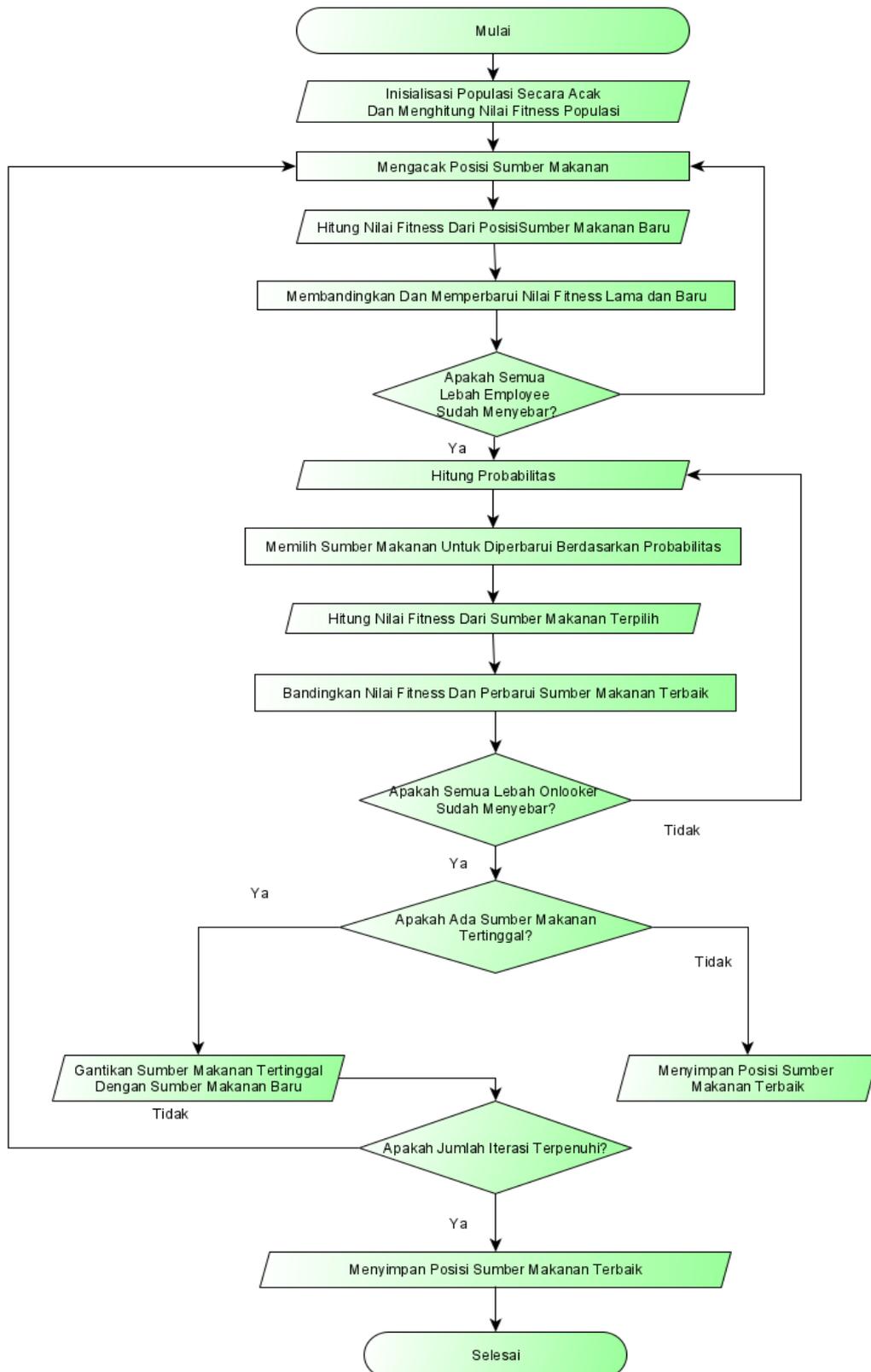
Tahapan analisa kebutuhan adalah salah satu metode untuk menggali informasi, meliputi aspek kebutuhan yang akan digunakan untuk mengidentifikasi masalah-masalah yang muncul pada sebuah penelitian untuk membangun sebuah sistem agar sistem tersebut mampu bekerja dengan semestinya. Kebutuhan tersebut mencakup perangkat lunak dan perangkat keras yang akan digunakan.

Dalam tahapan ini sistem yang akan dianalisis yaitu sistem yang berisikan informasi mengenai pengimplementasian algoritma *Artificial Bee Colony* berbasis web. Dalam proses perancangan sistem, langkah yang harus dilakukan adalah memasukkan titik awal dan titik tujuan yaitu lokasi pemasangan pipa air bersih yang telah di analisis dan sistem akan menghasilkan jarak secara otomatis pada lokasi titik pemasangan. Kemudian sistem akan diproses menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* dan menghasilkan rute terpendek jalur pipa air bersih yang optimal.

### **3.4.4 Perancangan**

Tahapan ini akan dilaksanakan kegiatan perancangan melalui beberapa metode yang akan berjalan didalam sistem. Algoritma yang akan diimplementasikan ke dalam sistem adalah algoritma *Artificial Bee Colony*, yaitu algoritma yang meniru perilaku koloni lebah dalam mencari makanan (nektar). Dimana para lebah akan 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 tersebut akan menyebar dan mengulangi iterasi yang sama untuk menemukan sumber makanan baru, dan membandingkan nilai *fitness* yang lama dengan nilai *fitness* yang baru. Setelah

melakukan tugasnya, lebah *employee* akan memberikan informasi kepada lebah *onlooker* dengan cara melakukan *waggle dance*. Setelah mendapatkan informasi dari lebah *employee* mengenai sumber makanan dengan nilai *fitness* terbaik, lebah *onlooker* akan menghitung nilai probabilitas dari nilai *fitness*. Kemudian lebah *onlooker* akan melakukan pencarian sumber makanan yang baru berdasarkan nilai probabilitas dengan nilai *fitness* terbaik dengan cara membandingkan sumber makanan dan memilih sumber makanan terbaik. 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 di simpan 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).



**Gambar 3.2** Flowchart Artificial Bee Colony

### **3.4.5 Pengujian**

Tahapan ini dilaksanakan kegiatan pengujian untuk menguji kinerja sistem meliputi fungsi-fungsi yang terdapat pada aplikasi, agar aplikasi tersebut bekerja dengan baik. Pengujian aplikasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari algoritma *Artificial Bee Colony* dalam menentukan rute terpendek jalur distribusi pipa air bersih. Pada penelitian ini, aplikasi yang dibangun akan berbasis website dan menggunakan bahasa pemrograman PHP.

### **3.4.6 Penerapan (Penggunaan)**

Pada tahap penerapan aplikasi untuk menentukan rute terpendek pipa air bersih akan dimulai dengan melakukan input data yakni berupa titik-titik lokasi pemasangan pipa pada *Google Maps* dan sistem akan memberikan jarak secara otomatis. Kemudian sistem akan memproses data menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* dan menghasilkan output rute terpendek jalur distribusi pipa air bersih.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pembahasan

##### 4.1.1 Analisis Data

Analisis data adalah kegiatan yang dilakukan untuk melakukan analisis terhadap sekumpulan data yang telah diperoleh. 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 yaitu pada tabel dibawah ini:

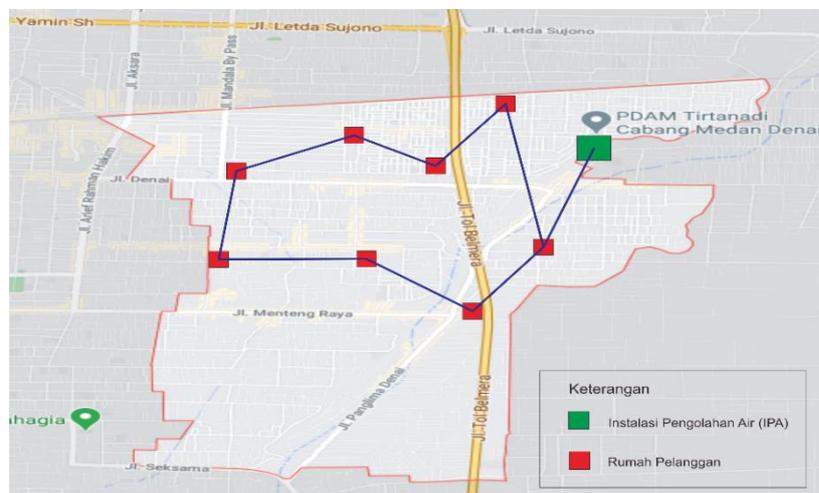
**Tabel 4. 1** Tabel Rumah dan Alamat Pelanggan

No	Nama Rumah	Node	Alamat
1	IPA	V1	Jalan Garuda Raya
2	Rumah 1	V2	Jalan A.R. Hakim Gg Sila
3	Rumah 2	V3	Jalan Panglima Denai Gg Era Baru
4	Rumah 3	V4	Jalan Tangguk Bongkar X
5	Rumah 4	V5	Jalan Gotong Royong
6	Rumah 5	V6	Jalan Bromo Gg Ayahitam
7	Rumah 6	V7	Jalan Jalak 12

8	Rumah 7	V8	Jalan Denai Gg Mulajadi
9	Rumah 8	V9	Jalan Trikora

#### 4.1.2 Representasi Data

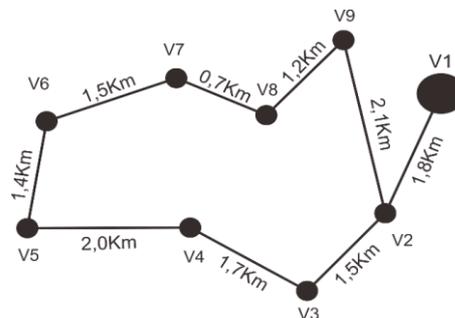
Pada penelitian ini, data yang akan digunakan dalam proses uji coba adalah beberapa dataset berupa 8 titik pemasangan (rumah pelanggan) dan 1 titik IPA (Instalasi Pengolahan Air) yang didapatkan dari PDAM Tirtanadi. Data sampel dalam penelitian ini dapat digambarkan pada peta dibawah ini :



**Gambar 4. 1** Peta 8 Titik Rumah Pelanggan dan 1 IPA

#### 4.1.3 Hasil Analisis Data

Pada tahapan proses penerapan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* dalam mengoptimalkan jalur distribusi pipa air bersih, hal yang harus dilakukan adalah menggambarkan titik-titik rumah pelanggan yang direpresentasikan kedalam graf, bobot sisi yang terdapat pada graf merupakan jarak antara titik-titik lokasi rumah pelanggan (panjang pipa) yang terdapat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4. 2** Graf Dengan 9 Titik Lokasi

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

**Tabel 4. 2** 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	17	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

#### A. Perhitungan Manual

Dari 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 diinput. Namun titik V1 tidak dihitung karena V1 adalah Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang merupakan titik awal mutlak. Maka dari itu

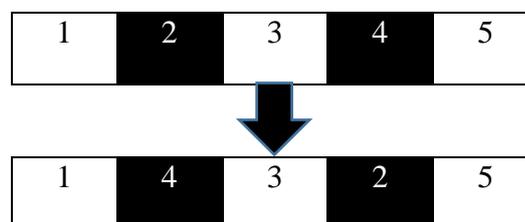
populasi yang ikut serta dalam perhitungan adalah titik V2 sampai V9 yang merupakan rumah pelanggan dengan total 8 populasi. Kemudian setelah didapatkan hasil rute awal, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *fitness* dengan persamaan (2) dan didapatkan hasil *fitness* yang dijabarkan dibawah ini :

**Tabel 4. 3** 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*. Misalnya bilangan acaknya SO (2,4) maka hasil dari *Swap Operator* SO (2,4) seperti tabel dibawah ini.



**Gambar 4. 3** Proses *Swap Operator*

Dibawah ini proses pengacakan menggunakan *Swap Operator* yang menggunakan pertukaran posisi 2 indeks. Maka hasilnya adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 4** Tabel *Swap Sequence*

<b>Populasi Awal : {1,2,3,4,5,6,7,8,9}</b>		
<b>Swap Operator</b>	<b>Indeks</b>	<b>Populasi'</b>
SO1	(2,5)	{1,5,3,4,2,6,7,8}
SO2	(2,3)	{1,3,5,4,2,6,7,8}
SO3	(4,7)	{3,5,1,7,2,6,4,8}
SO4	(6,8)	{3,5,1,7,2,8,4,6}
SO5	(5,8)	{3,5,1,7,6,8,4,2}
SO6	(3,6)	{3,5,8,7,6,1,4,2}
SO7	(1,7)	{4,5,8,7,6,1,3,2}
SO8	(4,6)	{4,5,8,1,6,7,3,2}
SO9	(2,8)	{4,2,8,1,6,7,3,5}
<b>Populasi' = Populasi + SS = {4,2,8,1,6,7,3,5}</b>		

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 dibawah ini :

**Tabel 4. 5** Tabel Nilai Populasi dan *Fitness Employee*

<b>Indeks</b>	<b>Populasi</b>	<b>Fitness</b>
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*. Dari 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. Dibawah ini terdapat tabel hasil perbandingan antara nilai *fitness* pada fase inisialisasi dan nilai *fitness* pada fase lebah *Employee* adalah sebagai berikut :

**Tabel 4. 6** Tabel Perbandingan Nilai *Fitness Employee*

Indeks	<i>Fitness</i> Inisialisasi	<i>Fitness</i> Lebah <i>Employee</i>	Hasil Perbandingan Nilai <i>Fitness</i>	<i>Trial</i>
1	0.36	0.21	0.21	1
2	0.22	0.22	0.22	
3	0.26	0.50	0.26	
4	0.21	0.36	0.21	
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

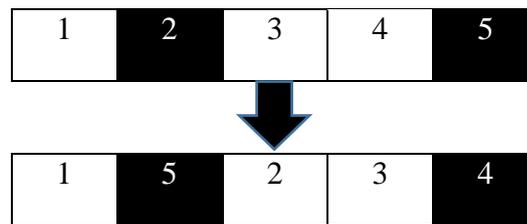
solusi terbaik berdasarkan peluang dengan persamaan (4), dan didapatkan hasil yang dijabarkan dibawah ini:

**Tabel 4. 7** 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 pengubahan 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*. Misalnya bilangan acaknya IO (2,5) maka hasil dari *Insert Operator* IO (2,5) seperti tabel dibawah ini.



**Gambar 4. 4** Proses *Insert Operator*

Dibawah ini merupakan hasil dari seleksi *roulette wheel* dan hasil pengacakan menggunakan *Insert Operator* akan dijabarkan dibawah ini:

**Tabel 4. 8** Tabel *Insert Sequence*

<b>Populasi Awal : {4,2,8,1,6,7,3,5}</b>		
<i>Insert Operator</i>	<b>Indeks</b>	<b>Populasi'</b>
IO1	(3,7)	{4,2,3,8,1,6,7,5}
IO2	(4,6)	{4,2,3,6,8,1,7,5}
IO3	(5,8)	{4,2,3,6,5,8,1,7}
IO4	(6,7)	{4,2,3,6,5,1,8,7}
IO5	(7,8)	{4,2,3,6,5,1,7,8}
IO6	(4,7)	{4,2,3,7,6,5,1,8}
IO7	(5,6)	{4,2,3,7,5,6,1,8}
IO8	(6,7)	{4,2,3,7,5,1,6,8}
IO9	(5,8)	{4,2,3,7,8,5,1,6}
<b>Populasi' = Populasi + IS = {4,2,3,7,8,5,1,6}</b>		

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 dibawah ini :

**Tabel 4. 9** Tabel Populasi dan *Fitness Onlooker*

<b>Indeks</b>	<b>Populasi</b>	<b><i>Fitness</i></b>
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*. Dari 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. Dibawah ini terdapat tabel hasil perbandingan antara nilai *fitness* pada fase lebah *Employee* dan nilai *fitness* pada fase lebah *Onlooker* adalah sebagai berikut :

**Tabel 4. 10** Tabel Perbandingan Nilai *Fitness Onlooker*

<b>Indeks</b>	<b>Fitness Lebah Employee</b>	<b>Fitness Lebah Onlooker</b>	<b>Hasil Perbandingan Nilai Fitness</b>	<b>Trial</b>
1	0.50	0.21	0.21	0
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	
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.

Diatas merupakan contoh perhitungan dari beberapa fase menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony*. Di awal telah ditentukan parameter yang akan dilakukan sebanyak 5. Maka hasil proses perhitungan dari 5 iterasi tersebut untuk mengoptimasi rute terpendek dapat dijabarkan dibawah ini:

a. Hasil proses perhitungan Iterasi 1 :

**Tabel 4. 11** Tabel Hasil Proses Perhitungan Iterasi 1

Fase Inisialisasi		Fase Lebah <i>Employee</i>		Fase Lebah <i>Onlooker</i>		Fase Lebah <i>Scout</i>		Sumber Makanan Terbaik	
Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness
1	0.36	4	0.50	4	0.21	4	0.21	4	0.21
2	0.22	2	0.36	2	0.22	2	0.22	2	0.22
3	0.26	8	0.37	3	0.26	3	0.26	3	0.26
4	0.21	1	0.40	7	0.40	7	0.40	7	0.40
5	0.27	6	0.22	8	0.50	8	0.50	8	0.50
6	0.37	7	0.27	5	0.27	5	0.27	5	0.27
7	0.40	3	0.21	1	0.36	1	0.36	1	0.36
8	0.50	5	0.26	6	0.37	6	0.37	6	0.37
Rute Terbaik					4→2→3→7→8→5→1→6				

b. Hasil proses perhitungan Iterasi 2 :

**Tabel 4. 12** Tabel Hasil Proses Perhitungan Iterasi 2

Fase Inisialisasi		Fase Lebah <i>Employee</i>		Fase Lebah <i>Onlooker</i>		Fase Lebah <i>Scout</i>		Sumber Makanan Terbaik	
Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness
4	0.21	5	0.27	6	0.37	5	0.27	5	0.27
2	0.22	8	0.36	5	0.27	1	0.36	1	0.36

3	0.26	4	0.21	4	0.21	8	0.50	8	0.50
7	0.40	6	0.37	3	0.26	4	0.21	4	0.21
8	0.50	7	0.40	2	0.22	7	0.40	7	0.40
5	0.27	2	0.22	1	0.36	2	0.22	2	0.22
1	0.36	1	0.36	8	0.50	6	0.37	6	0.37
6	0.37	3	0.26	7	0.40	3	0.26	3	0.26
Rute Terbaik					5→1→8→4→7→2→6→3				

c. Hasil proses perhitungan Iterasi 3 :

**Tabel 4. 13** Tabel Hasil Proses Perhitungan Iterasi 3

Fase Inisialisasi		Fase Lebah <i>Employee</i>		Fase Lebah <i>Onlooker</i>		Fase Lebah <i>Scout</i>		Sumber Makanan Terbaik	
Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness
5	0.27	5	0.27	4	0.21	4	0.21	4	0.21
1	0.36	7	0.40	8	0.50	8	0.50	8	0.50
8	0.50	2	0.22	2	0.22	1	0.36	1	0.36
4	0.21	4	0.21	6	0.37	6	0.37	6	0.37
7	0.40	8	0.50	7	0.40	2	0.22	2	0.22
2	0.22	1	0.36	5	0.27	7	0.40	7	0.40
6	0.37	3	0.26	3	0.26	3	0.26	3	0.26
3	0.26	6	0.37	1	0.36	5	0.27	5	0.27
Rute Terbaik					4→8→1→6→2→7→3→5				

d. Hasil proses perhitungan Iterasi 4 :

**Tabel 4. 14** Tabel Hasil Proses Perhitungan Iterasi 4

Fase Inisialisasi		Fase Lebah <i>Employee</i>		Fase Lebah <i>Onlooker</i>		Fase Lebah <i>Scout</i>		Sumber Makanan Terbaik	
Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness
4	0.21	7	0.40	8	0.50	8	0.50	4	0.21
8	0.50	4	0.21	5	0.27	5	0.27	6	0.37
1	0.36	6	0.37	7	0.40	7	0.40	1	0.36
6	0.37	1	0.36	4	0.21	1	0.36	8	0.50
2	0.22	3	0.26	6	0.37	4	0.21	3	0.26
7	0.40	5	0.27	3	0.26	6	0.37	7	0.40
3	0.26	2	0.22	2	0.22	2	0.22	2	0.22
5	0.27	8	0.50	1	0.36	3	0.26	5	0.27
Rute Terbaik					4→8→1→6→2→7→3→5				

e. Hasil proses perhitungan Iterasi 5 :

**Tabel 4. 15** Tabel Hasil Proses Perhitungan Iterasi 5

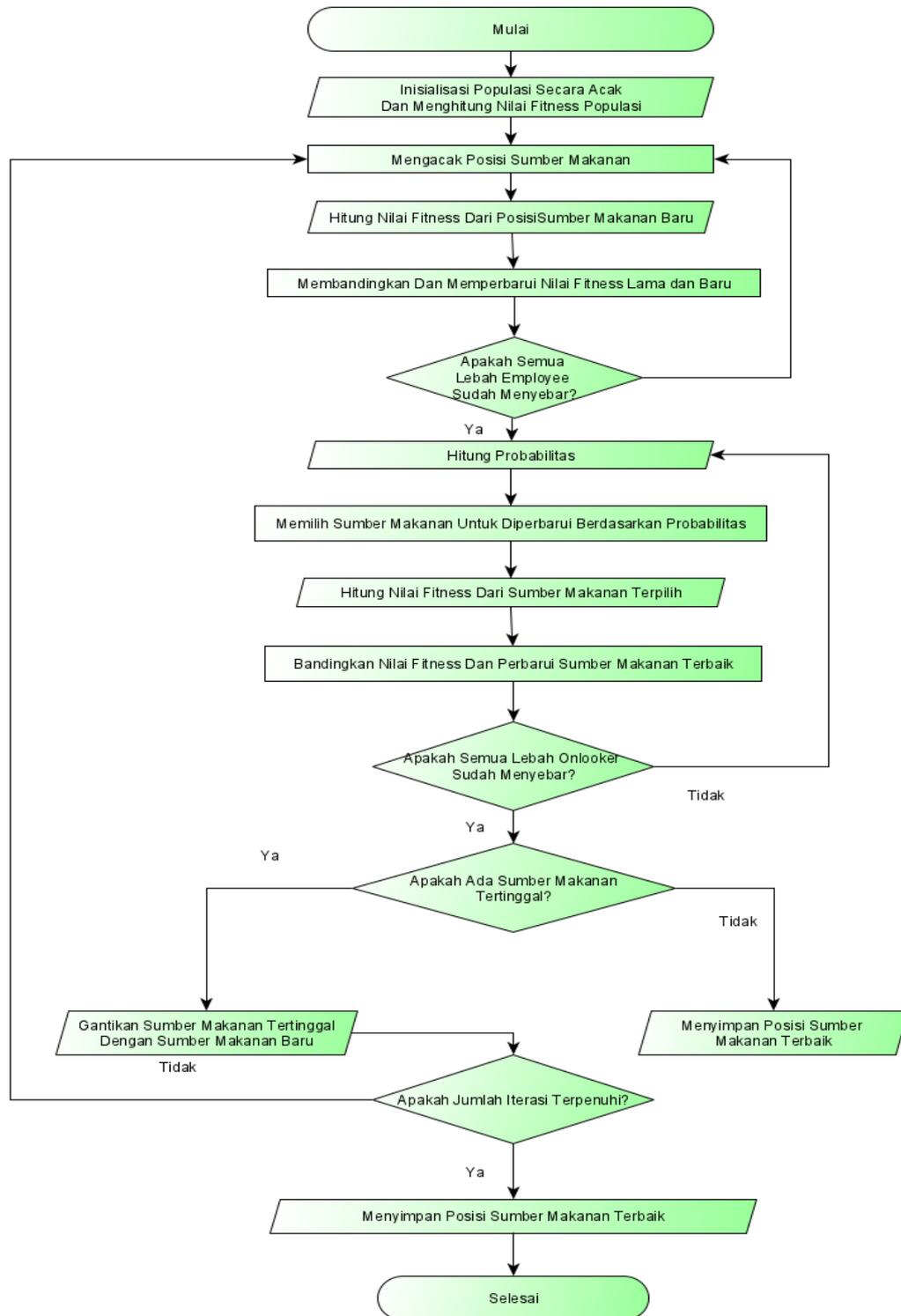
Fase Inisialisasi		Fase Lebah <i>Employee</i>		Fase Lebah <i>Onlooker</i>		Fase Lebah <i>Scout</i>		Sumber Makanan Terbaik	
Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness	Populasi	Fitness
8	0.50	6	0.37	6	0.37	6	0.37	6	0.37
5	0.27	7	0.40	3	0.26	3	0.26	3	0.26

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
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				

#### 4.1.4 Perancangan

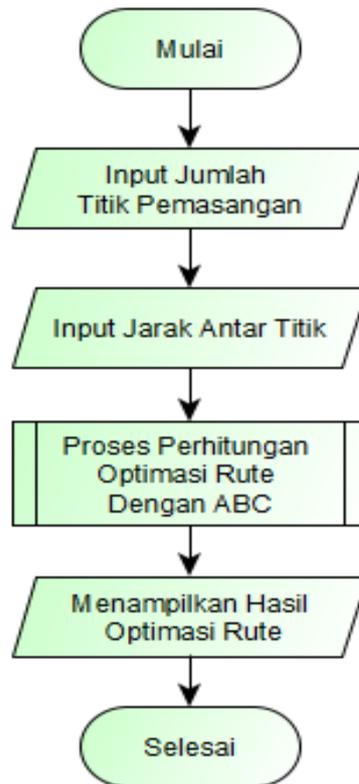
Setelah melalui tahapan analisis, penulis akan melakukan perancangan aplikasi, hal ini bertujuan agar mempermudah *user* dalam menggunakan aplikasi tersebut. Perancangan aplikasi terdiri dari perancangan *flowchart* sistem pencarian rute terpendek pipa air bersih, perancangan *flowchart* algoritma *Artificial Bee Colony*, *Flowchart* antarmuka sistem aplikasi dan perancangan antar muka yang terdiri dari *form* halaman utama, *form* tambah lokasi, dan *form* menu optimasi rute.

## 1. Perancangan flowchart algoritma *Artificial Bee Colony*



**Gambar 4.5** Flowchart *Artificial Bee Colony*

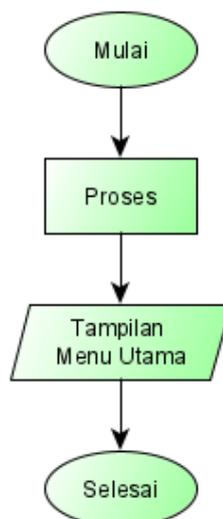
## 2. Perancangan *Flowchart* Sistem Aplikasi



**Gambar 4. 6** *Flowchart* Sistem

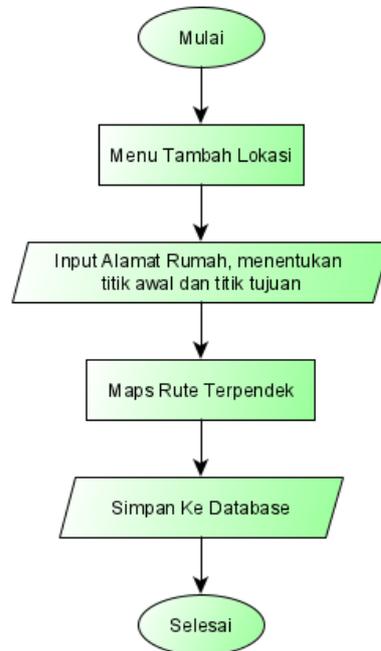
## 3. Perancangan *Flowchart* Artarmuka Sistem Aplikasi

### a. *Flowchart* Menu Utama



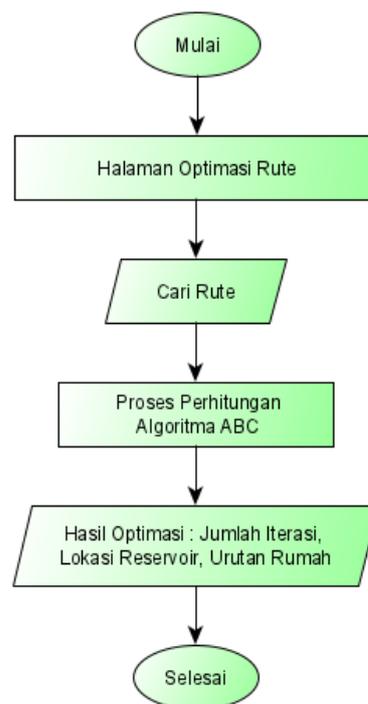
**Gambar 4. 7** *Flowchart* Menu Utama

b. *Flowchart* Menu Tambah Lokasi



**Gambar 4. 8** *Flowchart* Menu Tambah Lokasi

c. *Flowchart* Menu Optimasi Rute



**Gambar 4. 9** *Flowchart* Menu Optimasi Rute

#### 4. Perancangan Antarmuka Sistem Aplikasi

Sistem ini di desain menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *framework Bootstrap* untuk membuat tampilan menjadi lebih menarik dan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* untuk menentukan rute terpendek pipa air bersih. Sistem ini memiliki 3 *form*, yaitu *form* menu utama, *form* menu tambah lokasi dan *form* menu optimasi rute.

a. Perancangan *form* menu utama yaitu sebagai berikut :

**Gambar 4. 10** Tampilan *Form* Menu Utama

b. Perancangan *form* menu tambah lokasi yaitu sebagai berikut :

**Gambar 4. 11** Tampilan *Form* Tambah Lokasi

c. Perancangan *form* menu optimasi rute yaitu sebagai berikut :

**Gambar 4. 12** Tampilan *Form* Menu Optimasi Rute

## 4.2 Hasil

### 4.2.1 Implementasi Sistem

Tahapan ini dilakukan sebuah pengujian pada sistem menggunakan data yang telah diperoleh sebelumnya yaitu pada tabel 4.1. Data tersebut diolah menggunakan aplikasi berbasis web yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *framework* Bootstrap untuk membuat tampilan menjadi lebih menarik dan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* untuk menentukan rute terpendek pipa air bersih. Adapun langkah-langkah proses pengujiannya adalah sebagai berikut:

#### A. Tampilan Menu Utama

Pada saat aplikasi dijalankan akan menampilkan hasil pada gambar berikut ini:

**Gambar 4. 13** Tampilan Menu Utama

## B. Tampilan Menu Tambah Lokasi

Pada tampilan menu tambah lokasi terdapat *form* yang akan diinputkan data yaitu titik lokasi pemasangan dimasukkan satu persatu ke dalam database melalui menu Tambah Lokasi. Data yang perlu diinputkan adalah nama rumah dan juga titik koordinat. Dalam penginputan titik koordinat, aplikasi menyediakan fitur *Google Maps* agar memudahkan dalam penentuan titik koordinat dan dapat menghasilkan jarak antar titik secara otomatis.

Menu Utama  
**Tambah Lokasi**  
 Optimasi Rute

Nama Rumah

Silahkan masukkan nama titik lokasi (Wajib Diisi)

Alamat Rumah

Lokasi

Peta Satelit

Medan

Universitas Sumatera Utara

Taman Cadika Pramuka

Tanjungmorawa

Koordinat Garis Lintang

Koordinat Garis Bujur

**Simpan!**

**Gambar 4. 14** Tampilan *Input* Data Rumah Pelanggan

Setelah data berhasil diinputkan kedalam database maka dapat ditampilkan seperti gambar berikut ini :

Menu Utama  
**Tambah Lokasi**  
 Optimasi Rute

**Selesai!**  
 Data sukses diinputkan

Nama Rumah

Silahkan masukkan nama titik lokasi (Wajib Diisi)

Alamat Rumah

Lokasi

Peta Satelit

Medan

Brastagi Supermarket

Universitas Sumatera Utara

Taman Cadika Pramuka

Koordinat Garis Lintang

Koordinat Garis Bujur

**Gambar 4. 15** Tampilan Data Berhasil di *Input*

### C. Tampilan Sebelum Optimasi

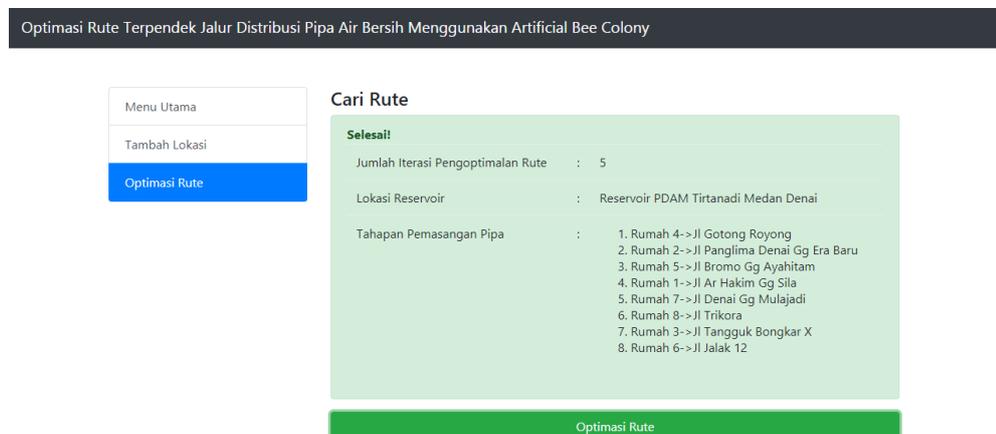
Setelah melakukan kegiatan input data, maka dilakukan proses optimasi rute yaitu dengan algoritma *Artificial Bee Colony* yang telah diimplementasikan ke dalam sistem. Adapun gambar menu awal sebelum melakukan optimasi sebagai berikut:



**Gambar 4. 16** Tampilan Sebelum Optimasi Rute

### D. Tampilan Setelah Optimasi Rute

Data dari 8 rumah pelanggan akan di proses dan dihitung secara otomatis oleh sistem sebanyak 5 iterasi yang telah ditentukan. Pengguna nantinya akan menerima hasil keluaran/output berupa rute yang paling optimal yaitu  $V1 \rightarrow V5 \rightarrow V3 \rightarrow V6 \rightarrow V2 \rightarrow V8 \rightarrow V9 \rightarrow V4 \rightarrow V7$ . Adapun tampilan dari output optimasi rute yaitu sebagai berikut:



**Gambar 4. 17** Tampilan *Output* Optimasi Rute

Karena algoritma *Artificial Bee Colony* adalah algoritma *random search*, maka tiap kali dilakukan optimasi rute, maka akan didapatkan hasil yang berbeda pula yaitu  $V1 \rightarrow V7 \rightarrow V4 \rightarrow V9 \rightarrow V8 \rightarrow V2 \rightarrow V6 \rightarrow V3 \rightarrow V5$ . Hasil percobaan kedua dari optimasi rute dapat dilihat pada gambar berikut ini :

Optimasi Rute Terpendek Jalur Distribusi Pipa Air Bersih Menggunakan Artificial Bee Colony

Menu Utama
Tambah Lokasi
<b>Optimasi Rute</b>

**Cari Rute**

**Selesai!**

Jumlah Iterasi Pengoptimalan Rute : 5

Lokasi Reservoir : Reservoir PDAM Tirtanadi Medan Denai

Tahapan Pemasangan Pipa :

1. Rumah 6->Jl Jalak 12
2. Rumah 3->Jl Tangguk Bongkar X
3. Rumah 8->Jl Trikora
4. Rumah 7->Jl Denai Gg Mulajadi
5. Rumah 1->Jl Ar Hakim Gg Sila
6. Rumah 5->Jl Bromo Gg Ayahitam
7. Rumah 2->Jl Panglima Denai Gg Era Baru
8. Rumah 4->Jl Gotong Royong

Optimasi Rute

**Gambar 4. 18** Tampilan *Output* Optimasi Rute Percobaan Kedua

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian pada optimasi rute terpendek pemasangan pipa air bersih menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* pada PDAM Tirtanadi Cabang Medan Denai dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Algoritma ABC merupakan salah satu algoritma *metaheuristic* yang dapat menjadi alternatif dan mampu diterapkan dalam menyelesaikan permasalahan optimasi jalur pemasangan pipa air bersih
2. Percobaan yang dilakukan menggunakan Algoritma ABC mampu menyelesaikan permasalahan dan menghasilkan solusi terbaik dan perhitungan yang lebih mudah daripada perhitungan manual yang selama ini dilakukan oleh pihak PDAM Tirtanadi cabang Medan Denai.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan evaluasi yang dilakukan pada algoritma *Artificial Bee Colony* pada optimasi rute pemasangan pipa air bersih, terdapat beberapa saran yang harus ditinjau dalam pengembangan penelitian ini, antara lain sebagai berikut:

1. Algoritma ABC merupakan salah satu alternatif dalam penyelesaian optimasi rute pemasangan jalur pipa air bersih, diharapkan untuk diadakan penelitian lebih lanjut dengan mengembangkan penggabungan algoritma ABC dengan algoritma yang lainnya.
2. Penelitian kali ini hanya terbatas pada perhitungan rute paling optimal dan tidak memberikan informasi biaya operasional terbaik bagi pihak perusahaan. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya mampu memberikan optimasi seluruh atribut yang dibutuhkan perusahaan dalam pemasangan jalur pipa air bersih.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akay, B., & Karaboga, D. (2012). A modified artificial bee colony algorithm for real-parameter optimization. *Information sciences*(192), 120-142.
- Bekti, H. (2015). *Mahir Membuat Website dengan Adobe Dreamweaver CS6, CSS, dan JQuery* . Yogyakarta: ANDI.
- Chandra, B. (2007). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. (P. Widyastuti, Penyunt.) Jakarta: EGC.
- Dharmasetiawan, M. (1993). *Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum*. Jakarta: Ekamitra Engineering.
- Dwijosaputro, D. (1981). *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Malang: Penerbit Djambatan.
- Furqan, M. (2019). *Algoritma Hibrida Metode Heuristik dan Eksak Untuk Menyelesaikan Persoalan Mixed Integer Non Linier Programming Berskala besar*.
- Indrajani. (2011). *Perancangan Basis Data dalam All in I*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Karaboga, D. (2005). *An Idea Based On Honey Bee Swarm For Numerical Optimization*. Kayseri, Turkey: Computer Engineering Departement.
- Karaboga, D., & Basturk, B. (2007). A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm. *Journal of global optimization*, 39(3), 459-471.
- Karaboga, D., & Ozturk, C. (2009). A novel clustering approach: artificial bee colony (ABC) algorithm. *Elsevier*, 652-657.
- Masrur, M. (2015). *Pemrograman Web Dinamis menggunakan Java Server Pages dengan Database Relasional MYSQL*. Yogyakarta: Andi.
- Munir, R. (2005). *Matematika Diskrit Edisi Ketiga*. Bandung: Informatika.
- Noerbambang, S. M., & Morimura, T. (1985). *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing*. Jakarta: PT. Daimppon Gitakarya Printing.

- Rahmadi, M. L. (2013). *Tips Membuat Website tanpa Coding dan Langsung Online*. Yogyakarta: ANDI.
- Rahmalia , D., & Herlambang, T. (2017). Optimisasi Masalah Transportasi Distribusi Semen Menggunakan Algoritma Artificial Bee Colony. *Multitek Indonesia Jurnal Ilmiah*, 11, 105-113.
- Sidik, B. (2014). *Pemrograman Web dengan PHP*. Bandung: Informatika.
- Windarto, A. P., & Sudirman. (2018). Penerapan Algoritma Semut dalam Penentuan Distribusi Jalur Pipa Pengolahan Air Bersih. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 8, 123-132.

## LAMPIRAN-LAMPIRAN

### Lampiran 1

**Listing Program Menggunakan PHP dalam optimasi rute terpendek jalur distribusi pipa air bersih menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony*.**

#### Source Code menampilkan Google Maps

```
        var map = new
google.maps.Map(document.getElementById('map'), {
    zoom: 17,
    center: new
google.maps.LatLng(3.58664, 98.73215),
    mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP
});
//posisi awal marker
var latLng = new
google.maps.LatLng(3.58664, 98.73215);
function getLocation() {
    if (navigator.geolocation) {
navigator.geolocation.getCurrentPosition(showPosition
);
    } else {
        // x.innerHTML = "Geolocation is not
supported by this browser.";
        $('#lat').val('-7.781921');
        $('#long').val('110.364678');
    }
}
```

#### Source Code menentukan titik koordinat dengan Google Maps

```
function showPosition(position) {
    // x.innerHTML = "Latitude: " +
position.coords.latitude +
```

```

        // "<br>Longitude: " +
position.coords.longitude;
        $('#lat').val(position.coords.latitude);

$('#long').val(position.coords.longitude);
        var latLng = new
google.maps.LatLng(position.coords.latitude,position.
coords.longitude);
        updateMarkerPosition(latLng);
        // marker.setPosition(latLng);
        var marker;
        if (marker != undefined){
            marker.setPosition(newLatLng);
        }else{
            var map = new
google.maps.Map(document.getElementById('map'), {
                zoom: 12,
                center: new
google.maps.LatLng(position.coords.latitude,position.
coords.longitude),
                mapTypeId:
google.maps.MapTypeId.ROADMAP
            });
            var marker = new google.maps.Marker({
                position : latLng,
                title : 'lokasi',
                map : map,
                draggable : true
            });
        }
        google.maps.event.addListener(marker,
'drag', function() {
            // ketika marker di drag, otomatis nilai
latitude dan longitude
            //menyesuaikan dengan posisi marker
updateMarkerPosition(marker.getPosition());
        });
    }

```

### **Source Code mengubah titik koordinat menjadi jarak**

```
<?php
function haversineGreatCircleDistance($latitudeFrom,
$longitudeFrom, $latitudeTo, $longitudeTo,
$earthRadius = 6371)
{
    // convert from degrees to radians
    $latFrom = deg2rad($latitudeFrom);
    $lonFrom = deg2rad($longitudeFrom);
    $latTo = deg2rad($latitudeTo);
    $lonTo = deg2rad($longitudeTo);

    $latDelta = $latTo - $latFrom;
    $lonDelta = $lonTo - $lonFrom;

    $angle = 2 * asin(sqrt(pow(sin($latDelta / 2), 2)
+
cos($latFrom) * cos($latTo) * pow(sin($lonDelta /
2), 2)));
    return $angle * $earthRadius;
}

function cmp($a, $b) {
    if ($a == $b) {
        return 0;
    }
    return ($a > $b) ? -1 : 1;
}
?>
```

### **Source Code algoritma Artificial Bee Colony.**

```
<?php
    include "functions.php";
    include "koneksi.php";
```

```

$pc = 0.25;
$mc = 0.25;
$thresold = 0.1;
$input = 1;
    $bestfitness = array();
    $bestpopulation = array();
    $besttotalFitness = array();
//mengambil data dari database
$sql = "SELECT * FROM lokasi";
$result = $conn->query($sql);

$result_list = array();
while($row = $result->fetch_array()) {
    $result_list[] = $row;
}

//menentukan jarak antara 2 titik
$jarakPoint = array();
    //memilih lokasi awal
foreach($result_list as $x => $firstRow) {
        //memilih lokasi akhir
        foreach($result_list as $y => $secondRow) {
            $jarakPoint[$x][$y] =
haversineGreatCircleDistance($firstRow['lat'],$firstR
ow['long'],$secondRow['lat'],$secondRow['long']);
        }
    }
    //sampai sini mendapat jarak antar semua titik

//intialize population
$randomValue = array();
$counter = 0;
for($x=0;$x<$result->num_rows;$x++){
    if($x != $input){
        $randomValue[$counter] = $x;
        $counter++;
    }
}

```

```

    }
}
//sampai sini membuat array untuk pengacakan
populasi

$population = array();
for($x=0;$x<$result->num_rows;$x++){
    array_push($population,$randomValue);
    shuffle($population);
}

//setFitness
$fitness = array();
$totalFitness=0;
for($x=0;$x<$result->num_rows;$x++){
    //fitness adalah array jarak point index 1
    dengan populasi indeks x
    $fitness[$x] =
$jarakPoint[$input][$population[$x][0]];
    for($y=0;$y<$result->num_rows-2;$y++){
        $fitness[$x]+=
$jarakPoint[$population[$x][$y]][$population[$x][$y+1
]];
    }
    $totalFitness+=$fitness[$x];
}
//$selisih = 1;
$trial = array();
//Fase Employee Bee
$fitemploy = array();
shuffle($population);
for($x=0;$x<$result->num_rows;$x++){
    $fitemploy[$x] =
$jarakPoint[$input][$population[$x][0]];
    for($y=0;$y<$result->num_rows-2;$y++){
        $fitemploy[$x]+=
$jarakPoint[$population[$x][$y]][$population[$x][$y+1
]];
    }
}

```

```

    }
    if($fitemploy[$x]<=$fitness[$x]) {
        $fitness[$x] = $fitemploy[$x];
    }
    else {
        $trial[$x] +=1;
    }
    $totalFitness+=$fitness[$x];
}
//Selesai fase Employee Bee

//Fase Onlooker Bee
//Roulette Wheel Selection
$probabilitas = array();
$fitonlooker = array();
$onlooker = 0;
for($x=0;$x<$result->num_rows;$x++) {
    $probabilitas[$x] =
$fitness[$x]/$totalFitness;
}
do{
    $randomNumber1 = rand(0,$result->num_rows-2);
    do{
        $randomNumber2 = rand(0,$result->num_rows-
2);
    }while($randomNumber1 == $randomNumber2);

    if($randomNumber1 > $randomNumber2){
        $temp = $randomNumber1;
        $randomNumber1 = $randomNumber2;
        $randomNumber2 = $temp;
    }
    $tukar = $population[$randomNumber1];

    $population[$randomNumber1]=$population[$randomN
umber2];

```

```

        $onlooker++;
    }while($onlooker <$result->num_rows-2);

    //Menghitung Nilai Fitness
    for($x=0;$x<$result->num_rows;$x++){
        $fitonlooker[$x] =
$jarakPoint[$input][$population[$x][0]];
        for($y=0;$y<$result->num_rows-2;$y++){
            $fitonlooker[$x]+=
$jarakPoint[$population[$x][$y]][$population[$x][$y+1
]];
        }
        if($fitonlooker[$x]<=$fitness[$x]) {
            $fitness[$x] = $fitonlooker[$x];
        }
        else {
            $trial[$x] +=1;
        }
        $totalFitness+=$fitness[$x];
    }
    //Selesai Fase Onlooker Bee

    //Fase Scout Bee
    for($x=0;$x<$result->num_rows-2;$x++) {
        //if($trial[$x]<=5) {
            $sscout = rand(0,3);
            $population[$x] =
$population[$sscout];
        //}
    }

    //Pemilihan sumber makanan terbaik
    if($besttotalFitness <= $totalFitness) {
        for($x=0;$x<$result->num_rows;$x++) {
            $bestpopulation[$x] = $population[$x];
            $bestfitness[$x] = $fitness[$x];
        }
    }

```

```
}  
?>
```

**Source Code menampilkan hasil akhir.**

```
<?php  
//Return result  
    $result = array();  
    foreach($population[0] as $list){  
  
array_push($result,$result_list[$list]['nama_lokasi']  
);  
    }  
    $data['result'] = $result;  
    $data['input'] =  
$result_list[$input]['nama_lokasi'];  
    $data['iteration'] = $iterasi;  
    echo json_encode($data);  
?>
```

## Lampiran 2

### Kartu Bimbingan Skripsi

#### KARTU BIMBINGAN SKRIPSI

Semester Gasal/Genap Tahun Akademik ..... / .....

Nama : Khairunnisa	Pembimbing I : Dr. Mhd. Furqan, S.Si., M. Comp. Sc.
NIM : 0701162013	Pembimbing II : Yusuf Ramadhan Nasution, M.Kom
Prog. Studi : Ilmu Komputer	SK Pembimbing :
Judul Skripsi : Optimasi Rute Terpendek Jalur Distribusi Pipa Air Menggunakan Algoritma Artificial Bee Colony (Studi Kasus : PDAM TIRTANADI Cabang Medan Denai)	

P E R T	PEMBIMBING I			PEMBIMBING II		
	Tgl.	Materi Bimbingan	Tanda Tangan	Tgl.	Materi Bimbingan	Tanda Tangan
I	27/10/20	Revisi Objek		27/10/20	Revisi Objek	
II	18/11/20	Kirim file Bab I		18/11/20	Kirim file Bab I	
III	25/11/20 4/12/20	<del>Kirim Bab I</del> <del>Kirim Bab II</del> Revisi Bab II		23/11/20 2/12/20	Acc Bab I, Kirim File Bab II Revisi & Acc Bab II	
IV	11/1/20	Acc Bab II Kirim file Bab III		28/12/20	Kirim file Bab III Revisi Bab III	
V	19/01/20	Revisi Bab III Acc Bab III dan SEMPRO		<del>19/01/20</del> 4/1/20	Acc Bab III dan ACC SEMPRO	

VI	18/21 /3	Revisi Program	Dr.	17/20 /12	Kirim file Bab III	
VII	23/2021 /3	ACC Sidang	Dr.	23/20 /12	Revisi Bab III	
VIII				4/21 /1	ACC Bab III ACC Sempro	
IX				18/21 /3	Revisi Program	
X				23/21 /201	Acc. Sidang	

Medan, 9 Desember 2021  
 An. Dekan  
 Ketua Jurusan/Program Studi  
 ILMU KOMPUTER

ILKA ALFIRAH, M. Kom.  
 NIP. 198506042015031006

Catatan: Pada saat bimbingan, kartu ini harus diisi dan ditandatangani oleh pembimbing

### Lampiran 3

#### DAFTAR RIWAYAT HIDUP (*CURRICULUM VITAE*)



Nama : Khairunnisa  
Nim : 0701162013  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 12 Mei 1998  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Alamat : Jalan Jermal VII No. 42-B  
    Kel/Desa : Denai  
    Kecamatan : Medan Denai  
    Kabupaten : Kota Medan  
Agama : Islam  
Status Nikah : Belum Menikah  
No. HP : 082365581655  
Nama Orangtua :  
    Ayah : Indra Setiawan  
    Ibu : Khairani

#### PENDIDIKAN FORMAL

2004-2010 : MIS Al-Marwa

2010-2013 : SMP Nurul Islam Indonesia

2013-2016 : SMK Swasta BM APIPSU

2016-2021 : Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan