

**“Penentuan Jalur Terbaik Untuk Routing BTS OAN (Optical Access Network) Dengan  
Metode Algoritma Semut”**

**(Studi Kasus Pada PT TELKOM BANJARMASIN, Kalimantan Selatan)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pada Fakultas  
Teknologi Industri Jurusan Teknik Industri**



**Oleh :**

**BAYU PRIMA ERLANGGA**

**(04522120)**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2011**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

### Penentuan Jalur Terbaik Untuk Routing BTS PT. TELKOM, Banjarmasin Dengan Metode Algoritma Semut

#### TUGAS AKHIR



Oleh :

Nama : Bayu Prima Erlangga

Nim : 04522120

Yogyakarta,.....

Pembimbing

H. Agus Mansur, ST, M.EngSc

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**Penentuan Jalur Terbaik Untuk Routing BTS PT. TELKOM, Banjarmasin**

**Dengan Metode Algoritma Semut**

**(Studi Kasus Pada PT TELKOM BANJARMASIN, Kalimantan Selatan)**

### TUGAS AKHIR

**Oleh:**

Nama : Bayu Prima Erlangga

No Mahasiswa: 04522 120

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta,

Tim penguji

Ketua

Anggota I

Anggota II

Mengetahui :  
Ketua Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

(Drs. Ibnu Mastur, MSIE)  
**HALAMAN PERSEMBAHAN**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Dengan segala kerendahan hati kupersembahkan “kado (karya dan gelar)” ini untuk kedua orang tuaku, Mamahku (Hj. Asniah) dan papahku (Drs.H.M Soeyitno) yang dengan penuh kasih sayang dan cucuran keringat telah membesarkan dan mendidikku mulai dari kandungan sampai sebesar sekarang ini, semoga segala usaha mamah dan papah menjadi dzikir dihadapan Allah SWT, (amin). Karena doa dan usaha mamah dan bapaklah akhirnya abang bisa mewujudkan keinginan mamah dan bapak, Adekku (Ezty Raudlatul Makkiyah) yang cantik dan kakakku (M.Arief Rachman Soeyitno ST,MM), semoga pencapaian saudara kalian ini bisa memberikan semangat dan contoh yang baik untuk semua. Khairunnisa Zulfa, Dede Sukmana dan Danu Saputra yang telah dengan sabar membantu dan memberikan semangat serta doa dalam pengerjaan tugas akhir ini.*

## MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

( QS. Ali Imran : 200 ) تُفْلِحُونَ لَعَلَّكُمْ اللَّهُ وَاتَّقُوا وَرَابِطُوا وَصَابِرُوا وَصَابِرُوا اصْبِرُوا آمَنُوا الَّذِينَ يَا أَيُّهَا

Artinya :

*Hai orang-orang yang beriman, bersabarlah, tabahlah dan kuatkan hati. Takwalah kamu sekalian kepada Allah agar kamu berjaya*

مِنَ وَأَنْزَلْنَا دَابَّةً كُلِّ مَنْ فِيهَا وَبَثَّ بِكُمْ تَمِيدَ أَنْ رَوَّاسِي الْأَرْضِ فِي وَأَلْقَى تَرَوْنَهَا عَمَدٍ بَغَيْرِ السَّمَاوَاتِ خَلَقَ  
( QS. Lukman : 27 ) كَرِيمِ زَوْجٍ كُلِّ مَنْ فِيهَا فَأَنْبَتْنَا مَاءَ السَّمَاءِ

Artinya :

*Bila seluruh pohon yang ada di bumi dijadikan pena dan air samudra dijadikan tinta ditambah tujuh samudra yang lain, ilmu Allah tidak akan habis. Allah Mahaperkasa lagi Mahabijaksana*

( QS. An Naml : 19 ) وَتَفَقَّدَ الطَّيْرَ فَقَالَ مَا لِيَ لَا أَرَى الْهُدْهَدَ أَمْ كَانَ مِنَ الْغَائِبِينَ

Artinya :

*Sulaiman tersenyum karena mendengar kata-kata semut, kemudian ia berdoa, “Wahai Tuhanku, bimbinglah aku untuk selalu bersyukur atas kenikmatan yang Engkau berikan kepadaku, juga kepada kedua orang tuaku dan agar melakukan amal yang Engkau ridoi, dan masukkanlah aku dengan rahmat-Mu bersama hamba-hamba-Mu yang Saleh”*

## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur serta Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penyusunan Tugas Akhir dengan judul **“Penentuan Jalur Terbaik Untuk Routing BTS PT. TELKOM, Banjarmasin Dengan Metode Algoritma Semut”** dapat diselesaikan. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang menjadi panutan kita hingga akhir zaman.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik yang harus dilaksanakan oleh mahasiswa/mahasiswi Fakultas Teknologi Industri jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) dan dimaksudkan untuk memberikan kesempatan kepada mahasiswa/mahasiswi untuk menerapkan pengetahuan yang diperoleh dibangku kuliah dengan keadaan yang sebenarnya dalam suatu kegiatan industri nyata.

Secara garis besar Tugas Akhir ini berisi tentang penentuan rute terbaik ditinjau dari bobot jarak antar BTS OAN (Optical Access Network). Dimana studi kasus dilakukan di PT. TELKOM, Banjarmasin, Kalimantan Selatan. Sedangkan metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada adalah algoritma semut.

Dalam pelaksanaannya, penyusunan Tugas Akhir ini banyak dibantu oleh berbagai pihak, untuk itu kami mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak H. Agus Mansur, ST, M.EngSc selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah dengan sabar memberikan bimbingan dan dorongan semangat kepada kami sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
4. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Kami menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amien.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Oktober 2011

Bayu Prima Erlangga

## ABSTRAKSI

PT Telkom mengembangkan jaringan komunikasi menggunakan fiber optik di jaringan lokal OAN (Optical Access Network). Disamping fleksibilitas terhadap tuntutan kebutuhan layanan, OAN (Optical Access Network) juga diharapkan dapat menyederhanakan jaringan lokal, mengatasi keterbatasan fasilitas infrastruktur dan memperluas daerah jangkauan. Sehingga dibutuhkan rute jaringan serat optik untuk BTS OAN (Optical Access Network) demi kepuasan pelanggan, penentuan rute jaringan serat optik untuk BTS OAN (Optical Access Network) dapat dilakukan dengan metode Algoritma semut.

Bagaimana memilih rute jaringan fiber optik antar BTS OAN menggunakan algoritma semut untuk mendapatkan rute terbaik. Tujuan dasar pada penelitian ini adalah Memberikan alternatif rute jaringan fiber optik terbaik untuk BTS OAN (Optical Access Network) dengan mencari rute jaringan fiber optik terpendek antar BTS OAN (Optical Access Network) menggunakan pendekatan algoritma semut.

Metodologi yang dipakai adalah menggunakan pendekatan prorotype yaitu membangun aplikasi yang membantu dalam proses perhitungan algoritma koloni semut tersebut dalam mencari jalur terdekat antar BTS. Hasil penelitian adalah suatu kesimpulan berupa jalur-jalur jalan raya yang dapat dipakai untuk acuan jalur terdekat antar BTS.

Kata kunci : *BTS, Algoritma Koloni Semut, Jaringan*



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAKSI.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1. Pendahuluan.....	6
2.2. Algoritma Semut.....	7
2.2.1 Deskripsi Algoritma Semut.....	7
2.2.2 Analogi Sistem Semut.....	9
2.2.3 Pencarian Jalur Terpendek.....	13
2.2.4 Penerapan Algoritma Semut.....	16
2.2.4.1 Inialisasi Harga Parameter-Parameter Algoritma dan Inialisasi Kota Pertama Setiap Semut.....	16

2.2.4.2 Pengisian Kota Pertama ke dalam <i>Tabu List</i> ....	17
2.2.4.3 Penyusunan Rute Kunjungan Setiap Semut ke Setiap Kota.....	17
2.2.4.4 Perhitungan Panjang Rute Setiap Semut, Pencarian Rute Terpendek dan Perhitungan Perubahan Harga Intensitas Jejak Kaki Semut Antar Kota.....	18
2.2.4.5 Perhitungan Harga Intensitas Jejak Kaki Semut Antar Kota Untuk Siklus Berikutnya dan Reset Harga Perubahan Intensitas Jejak Kaki Semut Antar Kota.....	19
2.2.4.6 Pengosongan <i>Tabu List</i> .....	20
2.2.4.7 Kelebihan Algoritma Semut.....	20
2.5. Deskripsi Jaringan.....	21
2.6. Modus Aplikasi OAN.....	22
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>24</b>
3.1 Obyek Penelitian.....	24
3.2 Perumusan Masalah dan Penentuan Tujuan Penelitian.....	24
3.3 Pengumpulan Data.....	24
3.3.1 Data Yang Diperlukan.....	24
3.3.2 Metode Pengumpulan Data.....	25
3.4 Pengolahan Data.....	26
3.4.1 Pengembangan Algoritma Semut.....	26
3.4.2 Persoalan Rute Terpendek.....	26
3.4.3 Pendekatan Algoritma Semut Untuk Pemecahan Persoalan Rute Terpendek.....	27
3.4.4 Konstruksi Program Komputer.....	28
3.5 Analisis Penyelesaian Kasus.....	28
3.6 Kesimpulan dan Saran.....	29
3.7 Kerangka Penelitian.....	30
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....</b>	<b>32</b>

4.1 Rancangan Jaringan Jalan.....	32
4.2 Pengumpulan Data.....	32
4.3 Algoritma Semut.....	35
4.3.1 Algoritma Semut Secara Umum.....	35
4.3.2 Algoritma Semut Secara Teperinci.....	35
4.4 Pengolahan Data Dengan Algoritma Semut.....	36
4.4.1 Tahap Inisialisasi Parameter dan Node Pertama Setiap Semut	36
4.4.2 Pengisian Node Pertama ke dalam Tabu List.....	37
4.4.3 Penyusunan Rute Kunjungan Setiap Semut ke Setiap Node...	39
4.4.4 Perhitungan Panjang Rute Setiap Semut, Pencarian Rute Terpendek dan Perhitungan Perubahan Harga Intensitas Jejak Kaki Semut antar Node.....	41
4.4.5 Perhitungan Harga Intensitas Jejak Kaki Semut Antar Node Untuk Siklus Berikutnya dan Reset harga Perubahan Intensitas Jejak Kaki Semut Antar Node.....	42
4.4.6 Pengosongan Tabu List.....	42
4.4.7 Hasil Pengolahan Data Menggunakan Algoritma Semut.....	43
4.5 Pembuatan Aplikasi Bantu Penentuan Jalur Terdekat.....	48
4.6 Persiapan Implementasi Sistem.....	49
4.7 Perangkat Keras yang Dibutuhkan.....	50
4.8 Perangkat Lunak yang Digunakan.....	50
4.9 Sistem Operasi Windows XP.....	50
4.10 Paradox dan Borland Database Engine.....	50
4.11 Borland Delphi 7.0.....	50
4.12 Tahapan Implementasi.....	51
4.12.1 Perancangan Basis Data.....	51
4.13 Perancangan Antar Muka.....	52
4.13.1 Form Utama.....	52
4.13.2 Form Masukan Asal.....	53
4.13.3 Form Masukan Tujuan.....	53
4.13.4 Form Hasil 1.....	54

4.14 Pembuatan Data Base.....	54
4.15 Desain dan Pemrograman Aplikasi Jarak Terdekat.....	55
4.16 Uji Coba.....	56
4.17 Hasil Implementasi Pemrograman.....	57
4.17.1 Halaman Loading.....	57
4.17.2 Halaman Login.....	58
4.17.3 Entry Data Simpang Jalan.....	58
4.17.4 Entry Data BTS.....	58
4.18 Entry Data Ruas Jalan.....	59
4.19 Komputasi Koloni Semut.....	60
BAB V PEMBAHASAN.....	63
5.1 Hasil Pengolahan Data.....	64
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
6.1 Kesimpulan.....	65
6.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN.....	70

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1.** Proses dari Stigmergy
- Gambar 2.2.** Ilustrasi Jalur Terpendek dengan Jarak
- Gambar 2.3.** Jaringan
- Gambar 2.4.** Alternatif konfigurasi OAN
- Gambar 3.1.** Diagram Kerangka Penelitian
- Gambar 3.2.** Diagram Alir Proses Algoritma Semut.
- Gambar 4.1.** Peta Jaringan
- Gambar 4.2.** Rute Komunikasi antara BTS Sentral dengan BTS HRE
- Gambar 4.3.** Rute Komunikasi antara BTS Sentral dengan BTS FRG
- Gambar 4.4.** Rute Komunikasi antara BTS Sentral dengan BTS FRAK
- Gambar 4.5.** Rute Komunikasi antara BTS Sentral dengan BTS FRAE
- Gambar 4.6.** Pemrograman Aplikasi dengan Delphi
- Gambar 4.7.** Rancangan Form Utama
- Gambar 4.8.** Rancangan Form Masukan Asal
- Gambar 4.9.** Rancangan Form Tujuan
- Gambar 4.10.** Rancangan Form Hasil
- Gambar 4.11.** Pembuatan Tabel BTS
- Gambar 4.12.** Pembuatan Tabel Jalur
- Gambar 4.13.** Pemrograman Aplikasi dengan Delphi
- Gambar 4.14.** Gambar Halaman Loading
- Gambar 4.15.** Gambar Halaman Login
- Gambar 4.16.** Input Data Simpang
- Gambar 4.17.** Input Data BTS
- Gambar 4.18.** Input Data Jalur Rute BTS
- Gambar 4.19.** Input BTS yang Hendak Dicari Rute Terdekatnya
- Gambar 4.20.** Hasil Komputasi Koloni Semut dan Peta Jalur Terpendek

**DAFTAR TABEL**

**Tabel 2.1.** Tabel Jarak antar Titik

**Tabel 2.2.** Koordinat titik antar kota

**Tabel 4.1.** Nama-nama Path /Jalur Antar Node dan Jaraknya

**Tabel 4.2** Tabel Antena BTS.dbf

**Tabel 4.4.** Hasil Pengolahan Data

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Penelitian

PT. Telkom merupakan salah satu perusahaan yang memiliki peran penting bagi masyarakat di Indonesia, terutama dalam bidang komunikasi. Dalam perkembangannya PT. Telkom berusaha meningkatkan kualitas dan kinerja perusahaan, diantaranya adalah pembangunan fastel di beberapa daerah. Fastel adalah fasilitas telekomunikasi yang meliputi BTS Telkomsel, BTS Telkom, NAP (Network Access Point) Speedy. Pembangunan fastel ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan yang semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk, sehingga tantangan yang dihadapi semakin berat. Tujuan lainnya adalah perluasan fasilitas jaringan atau jasa telekomunikasi untuk daerah tertinggal, daerah terpencil, daerah perintisan atau daerah perbatasan serta daerah yang tidak layak secara ekonomis. Selain itu, adanya kemajuan teknologi mengharuskan PT. Telkom untuk meningkatkan pelayanan kepada pelanggan. Dengan penambahan produk tersebut masalah yang dihadapi PT. Telkom adalah gangguan jaringan (telpon rumah, Telkomsel, Flexi) gangguan transmisi serta akses (TelkomNet Instan dan Speedy). Tuntutan kebutuhan pelanggan terhadap kualitas dan jenis layanan telekomunikasi yang semakin meningkat serta perkembangan teknologi yang pesat, menimbulkan kebutuhan untuk menyediakan sarana komunikasi berbasis fiber optik sampai ke lokasi pelanggan (Knowledge TELKOM. 2007). Penggunaan fiber optik di jaringan lokal OAN (Optical Access Network) menyediakan kapasitas, jenis jasa, dan fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan jaringan kabel tembaga konvensional. Disamping fleksibilitas terhadap tuntutan kebutuhan layanan, OAN (Optical Access Network) juga diharapkan dapat menyederhanakan jaringan lokal, mengatasi keterbatasan fasilitas infrastruktur dan memperluas daerah jangkauan. Hal

ini berkaitan dengan kenyamanan pelanggan dalam penggunaan produk Telkom (Zulhedi. 2008). Sehingga dibutuhkan rute jaringan serat optik untuk BTS OAN (Optical Access Network) demi kepuasan pelanggan, penentuan rute jaringan serat optik untuk BTS OAN (Optical Access Network) dapat dilakukan dengan metode Algoritma semut.

Algoritma semut diperkenalkan oleh Moysen dan Maderick dan secara meluas dikembangkan oleh Marco Dorigo, merupakan teknik probabilistik untuk menyelesaikan masalah komputasi dengan menemukan jalur terbaik melalui grafik. Algoritma optimasi koloni semut telah digunakan untuk menghasilkan penyelesaian yang mendekati optimal pada salesman yang melakukan perjalanan aplikasi algoritma semut dalam kehidupan sehari-hari mencakup beberapa persoalan. Yang paling umum adalah *Traveling Salesman Problem* (TSP), yaitu mencari jalur terpendek dalam sebuah graf menggunakan jalur Hamiltonian. Problem lain yang juga dapat dipecahkan dengan algoritma semut adalah *Quadratic Assignment Problem* (QAP) yang berusaha meng-assign sejumlah  $n$  resources untuk ditempatkan pada sejumlah  $m$  lokasi dengan meminimalisir biaya assignment. *Job-shop Scheduling Problem* (JSP) juga salah satu contoh aplikasi semut untuk menjadwalkan sejumlah  $j$  pekerjaan menggunakan sejumlah  $m$  mesin demikian sehingga seluruh pekerjaan diselesaikan dalam waktu yang minimal. Sejumlah aplikasi lain mencakup pengaturan jalur kendaraan, pewarnaan graf, dan network routing. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui. Semakin banyak semut yang melalui suatu lintasan, maka semakin jelas bekas jejak kakinya. Hal tersebut menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit, semakin lama semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan akan tidak dilewati sama sekali. Sebaliknya lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak, semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan semua semut melalui lintasan tersebut (Hillier, F. S. and Lieberman, G. J. 1990).



Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa masalah untuk meningkatkan kenyamanan pelanggan PT. TELKOM, Tbk dibutuhkan penyederhanaan jaringan lokal OAN (Optical Access Network) untuk mengatasi keterbatasan fasilitas infrastruktur dan memperluas daerah jangkauan. Tugas akhir ini bertujuan untuk memberikan alternatif rute terbaik untuk BTS OAN (Optical Access Network) menggunakan pendekatan algoritma semut.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka dapat diidentifikasi permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana rute jaringan fiber optik antar BTS OAN menggunakan algoritma semut untuk mendapatkan rute terbaik .

### **1.3. Pembatasan Masalah**

Sesuai dengan judul yang diambil, permasalahan yang diangkat mengenai penentuan jalur terbaik pada BTS PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk di wilayah Kalimantan Selatan Banjarmasin, dengan Metode Algoritma Semut, maka perlu diberikan batasan berupa asumsi–asumsi sehingga masalah dalam dunia nyata dapat dipecahkan ke dalam model matematika. Adapun asumsi–asumsi tersebut adalah :

1. Penelitian ini dilakukan di PT. TELKOM Banjarmasin, Kalimantan Selatan.
2. Lokasi yang dianalisa untuk rute terbaik jaringan serat optik pada BTS OAN (Optical Access Network) adalah Wilayah Banjarmasin.
3. Dari beberapa fastel yang ada, hanya fiber optik pada BTS OAN (Optical Access Network) yang diperhatikan, yang lain diabaikan.
4. Algoritma Semut digunakan untuk mencari rute terbaik .
5. Program ini tidak melihat atau menghiraukan kondisi atau kontur tanah pegunungan, bukit, selokan, persawahan dan sejenisnya.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Adapun yang menjadi tujuan dasar pada penelitian ini adalah :  
Memberikan alternatif rute jaringan fiber optik terbaik untuk BTS OAN (Optical Access Network) dengan mencari rute jaringan fiber optik terpendek antar BTS OAN (Optical Access Network) menggunakan pendekatan algoritma semut.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun yang menjadi manfaat dari hasil penelitian ini, adalah :

##### 1. Bagi Penulis

Untuk pengembangan wawasan keilmuan dan sebagai sarana penerapan dari ilmu pengetahuan yang selama ini penulis peroleh selama dibangku kuliah.

##### 2. Bagi Perusahaan

- a. Memberikan informasi tentang salah satu penggunaan metode matematika dalam memecahkan salah satu masalah yang ada pada instansi tersebut.
- b. Memberikan masukan tentang peminimalan daerah pembangunan Fastel.

##### 3. Bagi Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini merupakan wacana baru penerapan algoritma semut untuk pengembangan dunia telekomunikasi yaitu penentuan jaringan fiber optik yang mempunyai rute terbaik .

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Untuk lebih terstrukturnya tugas akhir ini maka susunan sistematika penulisan selanjutnya adalah sebagai berikut :

## **BAB II : LANDASAN TEORI**

Bab ini berisi tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian. Di samping itu juga berisi tentang uraian tentang hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh peneliti lain yang ada hubungannya dengan penelitian yang penulis lakukan

**BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang kerangka dan bagan alir dari penelitian, metode yang digunakan, asumsi-asumsi bahan atau materi dan tata cara penelitian serta data yang akan dikaji serta cara analisis yang digunakan.

**BAB IV : PENGOLAHAN DATA DAN HASIL PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang data-data yang diambil selama penelitian dan bagaimana cara menganalisa data tersebut. Hasil pengolahan data ditampilkan dengan baik dalam bentuk table serta grafiknya. Pengolahan data termasuk juga analisis yang dilakukan terhadap hasil yang diperoleh.

**BAB V : PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang hasil yang diperoleh dari penelitian dan kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga dapat menghasilkan sebuah rekomendasi.

**BAB VI : KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**

Bab ini berisi kesimpulan terhadap analisa yang dibuat dan rekomendasi atau saran-saran dari hasil yang di capai dan masalah yang ditemukan selama melakukan penelitian sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk dikaji pada penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. PENDAHULUAN**

Tuntutan kebutuhan pelanggan terhadap kualitas dan jenis layanan telekomunikasi yang semakin meningkat serta perkembangan teknologi yang pesat, menimbulkan kebutuhan untuk menyediakan sarana komunikasi berbasis fiber optik sampai ke lokasi pelanggan. Penggunaan fiber optik di jaringan lokal (OAN) menyediakan kapasitas, jenis jasa, dan fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan jaringan kabel tembaga konvensional. Disamping fleksibilitas terhadap tuntutan kebutuhan layanan, OAN juga diharapkan dapat menyederhanakan jaringan lokal, mengatasi keterbatasan fasilitas infrastruktur dan memperluas daerah jangkauan.

Dalam perkembangannya PT. Telkom berusaha meningkatkan kualitas dan kinerja perusahaan, diantaranya adalah pembangunan fastel di beberapa daerah. Fastel adalah fasilitas telekomunikasi yang meliputi BTS Telkomsel, BTS Telkom, NAP (Network Access Point) Speedy. Pembangunan fastel ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan yang semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk, sehingga tantangan yang dihadapi semakin berat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut dibutuhkan perbaikan rute jaringan serat optik yang optimal untuk BTS OAN (Optical Access Network) demi kepuasan pelanggan, penentuan rute pada BTS OAN (Optical Access Network) ini berkaitan dengan masalah rute jaringan serat optik yang dilalui antar BTS tersebut. Persoalan pemilihan rute terpendek adalah suatu pengaturan yang berhubungan dengan pelaksanaan penentuan rute yang lebih baik untuk mengatasi infrastruktur serta memperluas daerah jangkauan jaringan akses fiber.

Dalam upaya untuk mengoptimalkan rute jaringan serat optik ini dikenal sebuah algoritma yang dapat mencari rute terbaik. Algoritma tersebut dikenal dengan nama

Algoritma semut, Algoritma semut ini mengadopsi sistem semut dalam mencari rute terpendek dari sarang menuju ke sumber makanan dan kembali lagi ke sarang. Algoritma ini dapat menemukan rute terpendek dalam ruang pencarian yang lebih sempit dan waktu yang lebih singkat daripada metode konvensional.

## **2.2. Algoritma Semut.**

### **2.2.1. Deskripsi Algoritma Semut.**

Semut adalah makhluk hidup dengan populasi terpadat di dunia. Perbandingannya, untuk setiap 700 juta semut yang muncul ke dunia ini, hanya terdapat 40 kelahiran manusia. Tentu masih banyak informasi lain yang menakjubkan biasa di pelajari tentang makhluk ini ([www.harunyahya.com/indo](http://www.harunyahya.com/indo)). Allah SWT pasti memiliki rencana besar saat menciptakan kaum semut. Tubuhnya yang kecil mungil tidak serta merta membuat makhluk ini terpinggirkan dalam peradaban. Al-quran member informasi menarik saat membicarakan tentang nabi Sulaiman as, dan menyebut adanya “sistem komunikasi” yang maju diantara semut. Ayat itu sebagai berikut :

“ Hingga apabila mereka sampai di lembah semut:”Hai semut-semut, masuklah ke dalam sarang-sarang mu, agar kamu tidak diinjak oleh sulaimann dan tentaranya, sedangkan mereka tidak menyadari.” (QS. An-Naml,23:18).

Tidak hanya ilmu pemerintahan, sosial dan budi pekerti saja kita belajar dari semut.pada tahun 1996, dunia Artificial Intelligence (AI) pun ikut belajar dari semut dengan diperkenalkannya algoritma semut,atau Ant Colony Optimization, oleh Marco Dorigo sebagai sebuah simulasi multi agen yang menggunakan metafora alami semut untuk menyelesaikan problem ruang fisik ([www.chietzwordpress.com](http://www.chietzwordpress.com)).

Algoritma semut diperkenalkan oleh Moyson dan Maderick dan secara meluas dikembangkan oleh Marco Dorigo, merupakan teknik probabilistik untuk menyelesaikan komputasi dengan menemukan jalur terbaik melalui grafik.algoritma ini terinspirasi oleh perilaku semut dalam menemukan jalur dari koloninya menuju makanan. Algoritma optimisasi koloni semut telah digunakan untuk menghasilkan

penyelesaian yang mendekati optimal pada masalah salesman yang melakukan perjalanan. Algoritma semut lebih menguntungkan daripada pendekatan penguatan tiruan (simulated annealing) dan algoritma genetik saat grafik mungkin berubah secara dinamis. Algoritma koloni semut dapat berjalan secara kontinu dan menyesuaikan dengan perubahan secara waktu nyata (real time). Hal ini menarik dalam routing jaringan dan sistem transportasi urban. Marco Dorigo, Vittorio Maniezzo dan Alberto Coloni (1996) telah memberikan pernyataan bahwa perhitungan secara konvensional mungkin bisa dilakukan di laboratorium sebagai percobaan, tapi kurang efektif apabila diterapkan di dunia nyata sebab ada banyak jaringan dan titik simpul untuk sebuah jaringan. Selain itu manusia juga memiliki keterbatasan dalam hal ketelitian perhitungan (Hillier, F. S. and Lieberman, G. J. 1990).

Untuk mendiskusikan algoritma semut, lingkungan yang akan kita gunakan adalah sebuah graf yang fully connected (setiap node memiliki busur ke node yang lain) dan bidirectional (setiap jalur bisa ditempuh bolak-balik dua arah). Setiap busur memiliki bobot yang menunjukkan jarak antara dua buah nodes yang dihubungkan oleh busur tersebut. Algoritma ini menggunakan sistem multi agen, yang berarti kita akan mengarahkan seluruh koloni semut yang masing-masingnya bergerak sebagai agen tunggal. Setiap semut menyimpan daftar tabu yang membuat nodes yang sudah pernah ia lalui, dimana ia tidak diijinkan untuk melalui node yang sama dua kali dalam satu kali perjalanan (daftar ini disebut juga sebagai jalur Hamilton, yaitu jalur pada graf dimana setiap node hanya dikunjungi satu kali). Sebuah koloni semut diciptakan, dan setiap semut ditempatkan pada masing-masing node memiliki peluang untuk menjadi titik awal dari jalur optimal yang dicari. Setiap semut selanjutnya harus melakukan tour semut, yaitu perjalanan mengunjungi semua nodes pada graf tersebut (Ibnu Sina Wardy, 2006).

Agar semut mendapatkan jalur optimal, diperlukan beberapa proses (Ibnu Sina Wardy, 2006):

1. Pada awalnya, semut berkeliling secara acak, hingga menemukan makanan

2. Ketika menemukan makanan mereka kembali ke koloninya sambil memberikan tanda dengan jejak feromon.
3. Jika semut-semut lain menemukan jalur tersebut, mereka tidak akan bepergian dengan acak lagi, melainkan akan mengikuti jejak tersebut.
4. Kembali dan menguatkannya jika pada akhirnya mereka pun menemukan makanan.
5. Seekor semut yang secara tidak sengaja menemukan jalur optimal akan menempuh jalur ini lebih cepat dari rekan-rekannya, melakukan round-trip lebih sering, dan dengan sendirinya meninggalkan feromon lebih banyak dari jalur-jalur yang lebih lambat.
6. Feromon yang berkonsentrasi tinggi pada akhirnya akan menarik semut-semut lain untuk berpindah jalur, menuju jalur paling optimal, sedangkan jalur lainnya akan ditinggalkan.
7. Pada akhirnya semua semut yang tadinya menempuh jalur yang berbeda-beda akan beralih ke sebuah jalur tunggal yang ternyata paling optimal dari sarang menuju ke tempat makanan.

### **2.2.2 Analogi Sistem Semut.**

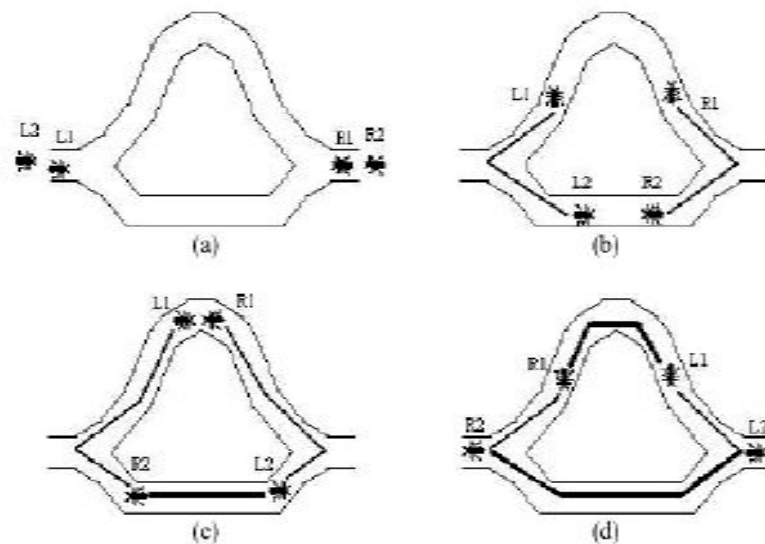
Semut adalah serangga sosial yang hidupnya berkoloni, semut secara individu tidaklah begitu berguna. Semut dapat bekerja sama dengan sesamanya secara efektif untuk melaksanakan sejumlah pekerjaan. Sebagai contoh, semut mampu untuk menemukan jalur terpendek dari suatu sumber makanan ke sarang mereka (Beckers *et.al.*, 1992) tanpa menggunakan petunjuk yang nyata (Holldobler dan Wilson, 1990), dan kembali lagi ke sumber makanan tersebut. Mereka juga mampu untuk beradaptasi dengan perubahan yang terjadi di dalam lingkungan mereka, sebagai contoh menemukan jalur terpendek yang baru ketika yang lama sudah tidak memungkinkan lagi karena munculnya rintangan (Beckers *et.al.*, 1992).

Hal ini telah diamati bahwa pada saat berjalan, semut telah menaruh sejumlah informasi, yang disebut pheromone (dalam jumlah tertentu), ditempat yang dilaluinya itu sehingga menandai jalur tersebut. Feromon berasal dari kata “fer” (membawa) dan “hormon” (hormon) dan artinya “pembawa hormon”. Feromon adalah isyarat yang digunakan di antara hewan sespesies dan biasanya diproduksi dalam kelenjar khusus untuk disebarkan ([www.harunyahya.com/indo](http://www.harunyahya.com/indo)). Semut berikutnya yang melalui jalur tersebut dapat mengidentifikasi pheromone yang diletakkan oleh semut sebelumnya, memutuskan dengan probabilitas yang tinggi untuk mengikutinya, dan menguatkan jalur yang dipilihnya itu dengan pheromone miliknya. Perilaku mendasar semut ini dapat digunakan untuk menjelaskan bagaimana mereka dapat menemukan jalur terpendek yang baru dengan menghubungkan kembali jalur yang terputus akibat munculnya rintangan yang telah memotong jalur sebelumnya.

Bentuk komunikasi tidak langsung yang diperantarai oleh *pheromone* ini disebut *stigmergy*. Gambar 2.3. mengilustrasikan proses dari *stigmergy*. Semut menggunakan *pheromone* untuk menemukan jalur terpendek antara dua ujung yang dihubungkan dengan dua cabang: bawah (yang lebih pendek) dan atas (yang lebih panjang). Semut-semut memulai perjalanannya dari masing-masing ujung (Gambar. 2.3a). Karena belum terdapat *pheromone* pada jalur yang ada maka semut memutuskan secara acak jalur yang mana yang akan dipilihnya. Sebagian semut memilih jalur yang bawah (semut L2 dan R2) dan sebagian yang lain memilih jalur yang atas (L1 dan R1). Saat berjalan, setiap semut menaruh *pheromone* pada jalur yang dilewatinya, yang diwakili oleh garis lurus yang terdapat pada jalur tersebut (Gambar. 2.3b). Karena setiap semut berjalan dengan kecepatan yang tetap dan sama, semut-semut yang melewati jalur yang bawah, yang lebih pendek, telah mendekati ujung rute mereka sementara semut-semut yang melewati jalur yang atas, yang lebih panjang, baru mencapai setengah perjalanan (Gambar. 2.3c). Dari gambar ini pula, kita dapat melihat bahwa garis yang terdapat pada jalur yang bawah lebih tebal daripada garis yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat *pheromone* pada jalur



tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan jalur yang lain. Pada akhirnya, semut L2 dan R2 menjangkau lebih cepat ujung rute mereka (Gambar 2.3d). Oleh karena itu, semakin banyaklah *pheromone* yang ditaruh pada jalur yang bawah, dan membuat semut-semut baru lebih tertarik untuk melewatinya karena tingkat *pheromone*-nya lebih tinggi.



**Gambar 2.1.** Proses dari Stigmergy

Fitur penting dari perilaku semut ini disebut mekanisme *autocatalytic* (umpan balik positif). Penggabungan antara mekanisme *autocatalytic* dengan evaluasi solusi implisit digunakan dalam algoritma *ant* ini. Hal ini berarti bahwa semakin banyak semut yang mengikuti sebuah jalur maka semakin bertambah menariklah jalur tersebut untuk dilalui. Probabilitas dimana seekor semut memutuskan untuk mengikuti suatu jalur meningkat dengan banyaknya semut yang lebih dulu menggunakan jalur tersebut.

Sistem ini akan mempunyai perbedaan yang utama dengan kehidupan semut yang nyata, antara lain :

- a. Semut buatan akan mempunyai beberapa memori. Memori ini digunakan untuk menyimpan daftar kota yang telah dikunjungi sebelumnya.
- b. Tidak sepenuhnya semut tidak mempunyai penglihatan atau buta. Semut alami mengandalkan tanda kimia (*pheromone*) untuk navigasi, sedangkan pada sistem semut mereka mengenal lingkungan luar.
- c. Mereka akan hidup di lingkungan pada waktu yang berbeda.

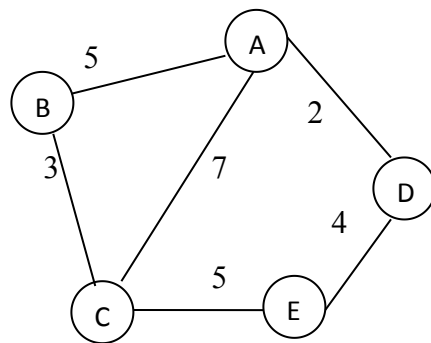
Secara informal, AS bekerja sebagai berikut. Setiap semut memulai turnya melalui sebuah kota yang dipilih secara acak (setiap semut memiliki kota awal yang berbeda). Secara berulang kali, satu-persatu kota yang ada dikunjungi oleh *ants* dengan tujuan untuk menghasilkan tur yang lengkap (yaitu mengunjungi masing-masing kota sekali saja). Pemilihan kota-kota yang akan dilaluinya didasarkan pada suatu fungsi probabilitas, dinamai aturan transisi status (*state transition rule*), dengan mempertimbangkan *visibility* (invers dari jarak) kota tersebut dan jumlah *pheromone* yang terdapat pada ruas yang menghubungkan kota tersebut. *Ants* lebih suka untuk bergerak menuju ke kota-kota yang dihubungkan dengan ruas yang pendek dan atau memiliki tingkat *pheromone* yang tinggi (Dorigo dan Gambardella, 1997). Perlu diketahui bahwa setiap semut memiliki sebuah memori, dinamai *tabu list*, yang berisi semua kota yang telah dikunjunginya pada setiap tur. *Tabu list* ini mencegah *ants* untuk mengunjungi kota-kota yang sebelumnya telah dikunjungi selama tur tersebut berlangsung, yang membuat solusinya menjadi mungkin.

Setelah semua *ants* menyelesaikan tur mereka dan *tabu list* mereka menjadi penuh, sebuah aturan pembaruan *pheromone* global (*global pheromone updating rule*) dilaksanakan pada setiap semut: Penguapan *pheromone* pada semua ruas dilakukan, dan kemudian setiap semut menghitung panjang tur yang telah mereka lakukan lalu menaruh sejumlah *pheromone* pada ruas-ruas yang merupakan bagian dari tur mereka yang sebanding dengan kualitas dari solusi yang mereka hasilkan: Semakin pendek

sebuah tur yang dihasilkan oleh seekor semut, jumlah *pheromone* yang diletakkan pada ruas-ruas yang dilaluinya pun semakin besar. Dengan kata lain, ruas-ruas yang merupakan bagian dari tur-tur yang pendek adalah ruas-ruas yang menerima jumlah *pheromone* yang lebih besar. Hal ini menyebabkan ruas-ruas yang diberi *pheromone* lebih banyak akan lebih diminati/dipertimbangkan pada tur-tur selanjutnya, dan sebaliknya ruas-ruas yang tidak diberi *pheromone* menjadi kurang diminati. Dan juga, jalur terpendek yang ditemukan oleh *ants* disimpan dan semua *tabu list* yang ada dikosongkan kembali.

Peranan utama dari penguapan *pheromone* tadi adalah untuk mencegah stagnasi, yaitu situasi dimana semua *ants* berakhir dengan melakukan tur yang sama. Proses di atas kemudian diulangi sampai tur yang dilakukan mencapai jumlah maksimum (berdasarkan *user*) atau system ini menghasilkan perilaku stagnasi dimana sistem ini berhenti untuk mencari solusi alternatif.

### 2.2.3 Pencarian Jalur Terpendek



**Gambar 2.2.** Ilustrasi Jalur Terpendek dengan Jarak

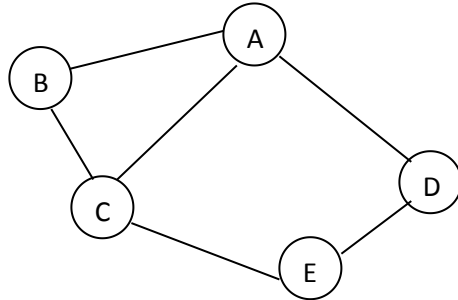
Pada dasarnya permasalahan pencarian jalur terpendek antar kota merupakan pencarian jalur terpendek antar titik yang telah diketahui koordinatnya. Dengan mengetahui konsep pencarian jalur terpendek antar titik, untuk selanjutnya dapat diterapkan pada pencarian jalur terpendek pada berbagai kota yang ingin diketahui. Contoh kasus yang akan diambil adalah pencarian jalur terpendek antara titik A dan

titik E. Terdapat dua jenis kasus yang bias diturunkan dari gambar di atas. Kasus pertama adalah mengetahui jarak antar node yang ditunjukkan dengan garis penghubung antar titik.. Kasus yang kedua adalah dengan dengan mengetahui koordinat titik saja. Gambar 2 merupakan jenis kasus yang pertama yaitu dengan mmengetahui jarak antar titik. Sedangkan gambar 3 merupakan jenis kasus yang kedua, yaitu dengan mengetahui titik koordinatnya saja. Untuk kasus pertama, penyelesaian cenderung lebih mudah karena jarak antar titik telah diketahui sebagai berikut (Iing M, *et al.* 2007).

**Tabel 2.1.** Tabel Jarak antar Titik

	A	B	C	D	E
A	0	5	7	3	-
B	5	0	4	-	-
C	7	4	0	-	5
D	3	-	-	0	4
E	-	-	5	4	0

Sedangkan untuk kasus kedua yang telah ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar 3 di atas, misalnya titik–titik yang telah ditentukan mempunyai koordinat sebagaimana tabel 2.

**Gambar 3.** Ilustrasi Jalur Terpendek tanpa Jarak**Tabel 2.2.** Koordinat titik antar kota

	X	Y
A	20	50
B	10	25
C	18	10
D	50	40
E	55	15

Karena belum diketahui jarak antar titiknya dan hanya diketahui titik koordinat saja, Maka perhitungan dimulai dari penentuan jarak antar simpul titik dengan dengan menggunakan titik yang diketahui. Titik yang diketahui menggunakan koordinat sumbu X dan Y. Langkah di atas merupakan langkah yang harus dilakukan untuk semua metode. Penelitian ini akan membahas mengenai penyelesaian jalur terpendek menggunakan metode heuristik dengan algoritma semut.

Algoritma semut merupakan algoritma yang dikembangkan untuk optimasi sistem-sistem yang berbasis *Travelling Salesman problem* (TSP). Algoritma ini dapat menemukan rute terpendek dalam ruang pencarian yang lebih sempit dari pada metode konvensional maupun metode analitis, (Purnomo dan Zuhri, 2002).

## 2.2.4 Penerapan Algoritma Semut

Mulai aktifnya penerapan algoritma semut untuk masalah kombinatorial telah merangsang penelitian-penelitian memaparkan tentang tahap-tahap dalam penerapan algoritma semut seperti yang dapat dijelaskan dibawah ini :

### 2.2.4.1. Inisialisasi Harga Parameter-Parameter Algoritma dan Inisialisasi Kota Pertama Setiap Semut.

Masukan algoritma adalah  $n$  (banyak kota) berikut  $x$  dan  $y$  (koordinat) atau  $d$  (jarak antar kota). Beberapa parameter algoritma, yaitu  $Q$  (tetapan siklus-semut),  $\alpha$  (tetapan pengendali intensitas jejak semut),  $\beta$  (tetapan pengendali visibilitas),  $\eta$  (visibilitas antar kota =  $1/d_{ij}$ ),  $m$  (banyak semut),  $\rho$  (tetapan penguapan jejak semut) dan  $NC_{max}$  (jumlah siklus maksimum) bersifat tetap selama algoritma dijalankan sedangkan  $\tau_{ij}$  (intensitas jejak semut antar kota) harganya akan selalu dipengaruhi pada setiap siklus algoritma mulai dari siklus pertama ( $NC = 1$ ) sampai tercapai jumlah siklus maksimum ( $NC = NC_{max}$ ) atau sampai terjadi konvergensi. Intensitas jejak semut antar kota perlu diinisialisasi dengan harga tertentu. Biasanya harga yang dipakai adalah bilangan positif kecil dengan perubahan harga intensitas jejak semut antar kota sama dengan nol (Dorigo *et.al.*, 1996).

Pada susunan kota  $n$ , TSP dapat disusun sebagai masalah dalam pencarian panjang minimal yang mendekati perjalanan pada setiap kota yang dikunjungi. Kita misalkan  $d_{ij}$  sebagai panjangnya pola diantara kota  $i$  dan kota  $j$ , pada kasus Euclidean TSP,  $d_{ij}$  antara  $i$  dan  $j$  ( $d_{ij} = [(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2]^{1/2}$ ). TSP secara sederhana dapat ditunjukkan pada sebuah grafik (N,E) dimana N adalah kumpulan kota dan E adalah kumpulan batas antara kota-kota (grafik hubungan secara penuh pada TSP euclidean).

Misalkan  $b : t$  ( $i = 1, \dots, n$ ) adalah jumlah semut di suatu kota  $i$  pada saat  $t$  dan misalkan  $M = \sum_{i=1}^t b_i(t)$  adalah jumlah total semut. Setiap semut adalah kumpulan yang sederhana dengan karakteristik berikut:

- a. Semut memilih kota yang akan dikunjungi dengan probabilitas yang difungsikan pada jarak kota dan jumlah jejak yang terdapat pada setiap hubungan batas.
- b. Sebuah struktur data, disebut *tabu list* yang diasosiasikan dengan tiap semut. *Tabu list* ini digunakan untuk menyimpan daftar kota yang telah dikunjungi dan larangan semut untuk mengunjunginya lagi sampai perjalanan selesai.
- c. Saat perjalanan selesai, semut ini meninggalkan bagian yang disebut trail atau jejak pada setiap batas  $(i,j)$  yang telah dikunjungi.

Algoritma dimulai dengan mendistribusikan semut pada kota pertama masing-masing. Setiap semut ditempatkan di kota-kota tertentu secara acak. Pendistribusian semut pada kota pertama inilah yang disebut dengan inisialisasi kota pertama setiap semut.

#### 2.2.4.2. Pengisian Kota Pertama ke dalam *Tabu List*

Kota-kota pertama setiap semut hasil inisialisasi langkah 1 harus diisikan sebagai elemen pertama *tabu list*. Dari langkah ini akan didapat elemen pertama *tabu list* setiap semut berisi indeks kota tertentu. Jadi setiap  $tabu_k(1)$  bisa berisi indeks kota antara 1 sampai  $n$  sebagaimana hasil inisialisasi pada langkah 1.

#### 2.2.4.3. Penyusunan Rute Kunjungan Setiap Semut ke Setiap Kota

Setelah semut-semut terdistribusi ke sejumlah atau setiap kota, semut-semut akan mulai melakukan perjalanan dari kota pertama sebagai kota asal dan salah satu kota-kota lainnya sebagai kota tujuan. Kemudian dari kota kedua semut-semut akan melanjutkan perjalanan dengan memilih salah satu dari kota-kota yang tidak terdapat pada  $tabu_k$  sebagai kota tujuan berikutnya. Demikian seterusnya sampai semua kota satu persatu dikunjungi atau telah menempati  $tabu_k$ . Jika  $s$  menyatakan indeks urutan kunjungan, kota asal dinyatakan sebagai  $tabu_k(s)$  dan kota-kota lainnya dinyatakan sebagai  $(N-tabu_k)$ ,  $i$  menyatakan kota asal dan  $j$  menyatakan kota tujuan,

maka untuk menyatakan kota tujuan ini digunakan persamaan probabilitas kota untuk dikunjungi sebagai berikut (Dorigo *et.al.*, 1996) :

$$P_{ij}(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{j \in (N-tabu_k)} [\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta} \text{ untuk } j \in \{N-tabu_k\} \quad \dots \text{persamaan (1)}$$

dan

$$P_{ij}(t) = 0, \text{ untuk } j \text{ lainnya}$$

Persamaan di atas menunjukkan besarnya kebolehjadian suatu kota untuk dipilih sebagai kota tujuan. Semakin besar harga probabilitas, semakin besar pula kebolehjadiannya untuk dipilih sebagai kota tujuan. Tetapi hal ini tidak berarti bahwa kota tujuan yang dipilih adalah kota yang mempunyai harga probabilitas terbesar, dan juga tidak berarti tertutupnya kemungkinan kota yang mempunyai harga probabilitas kecil sebagai kota tujuan (Zainudin Zuhri, 2003). Hal ini disebabkan karena adanya pembangkitan bilangan random Dimana bilangan random yang muncul lebih sesuai dengan harga probabilitas terbesar atau lebih sesuai dengan harga probabilitas terkecil.

#### **2.2.4.4. Perhitungan Panjang Rute Setiap Semut, Pencarian Rute Terpendek dan Perhitungan Perubahan Harga Intensitas Jejak Kaki Semut Antar Kota**

Setelah satu siklus diselesaikan oleh setiap semut, maka panjang rute (*length taour*) atau  $L_k$  setiap semut dapat dihitung berdasarkan *tabu<sub>k</sub>* masing-masing dengan persamaan berikut:

$$L_k = \sum_{s=1}^{n-1} d_{tabu_k(s)tabu_k(s+1)} \quad \dots \text{persamaan (2)}$$

Dengan  $d_{ij}$  adalah jarak antara kota  $i$  ke kota  $j$  yang dihitung berdasarkan persamaan :

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad \dots \text{persamaan (3)}$$



Selanjutnya dicari harga minimal panjang rutesetiap siklus atau  $L_{minNC}$  sebagai berikut (Zainudin Zukhri, 2003):

$$L_{minNC} = \min(L_1, L_2, \dots, L_m) \quad \dots \text{persamaan (4)}$$

Sedangkan harga minimal panjang rute secara keseluruhan adalah :

$$L_{min} = \min(L_{min_1}, L_{min_2}, \dots, L_{min_{NC}}) \quad \dots \text{persamaan (5)}$$

Perjalanan semut antar kota akan meninggalkan jejak-jejak kaki pada semua lintasan yang dilaluinya. Adanya ‘penguapan’ menyebabkan kemungkinan terjadinya perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota. Persamaan perubahan ini adalah (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2005) :

$$\Delta \tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k \quad \dots \text{persamaan (6)}$$

dengan  $\Delta \tau_{ij}^k$  adalah perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota setiap semut yang dihitung berdasarkan persamaan

$$\Delta \tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_k}, \text{ untuk } (i,j) \in \text{kota asal dan kota tujuan dalam } \mathbf{tabu}_k \quad \dots \text{persamaan (7)}$$

$$\Delta \tau_{ij}^k = 0, \text{ untuk } (i,j) \text{ lainnya.}$$

#### **2.2.4.5. Perhitungan Harga Intensitas Jejak Kaki Semut Antar Kota Untuk Siklus Berikutnya dan Reset Harga Perubahan Intensitas Jejak Kaki Semut Antar Kota**

Selanjutnya untuk siklus berikutnya perubahan harga intensitas jejak semut antar kota perlu di-*reset* kembali agar berharga sama dengan *nol*.

#### 2.2.4.6. Pengosongan *Tabu List*

Apabila belum tercapai jumlah siklus maksimum atau belum terkonvergen, maka algoritma perlu diulang lagi dari langkah 2 dengan harga parameter intensitas jejak kaki semut antar kota yang sudah diperbaharui. Di samping itu *tabu list* perlu dikosongkan untuk diisi lagi dengan urutan kota yang baru pada siklus berikutnya

Proses ini berlangsung sampai perjalanan mencapai jumlah maksimum pada alur  $NC_{MAX}$  atau semua membuat pola perjalanan yang sama. Hal ini disebut dengan *Stagnation Behavior* karena hal ini digunakan pada situasi dimana titik algoritma mencapai solusi alternatif.

#### 2.2.5. Kelebihan Algoritma Semut

Algoritma Semut merupakan algoritma yang dikembangkan untuk optimasi sistem-sistem yang berbasis TSP. Algoritma ini dapat menemukan rute terpendek dalam ruang pencarian yang lebih sempit dan waktu yang lebih singkat daripada metode konvensional.

Kekuatan algoritma semut terletak pada beberapa hal yang membedakan algoritma semut dengan algoritma pencarian lainnya, yaitu :

- a. Algoritma Semut bekerja dengan umpan balik yang positif dalam penemuan dan pencapaian solusi yang baik. Dimana pada suatu titik tertentu suatu kelompok memilih option yang berbeda dan salah satu memberikan hasil yang baik. Dimasa yang akan datang option tersebut akan selalu digunakan.
- b. Algoritma Semut mempunyai sifat sinergi yang tinggi. Keefektifan pencarian ditunjukkan dengan memberikan sejumlah semut yang saling bekerja sama dan setiap kerja sama akan saling independen.
- c. Penggunaan struktur yang luas dalam algoritma semut membantu dalam menemukan solusi yang dapat diterima pada tahap awal proses penelitian.

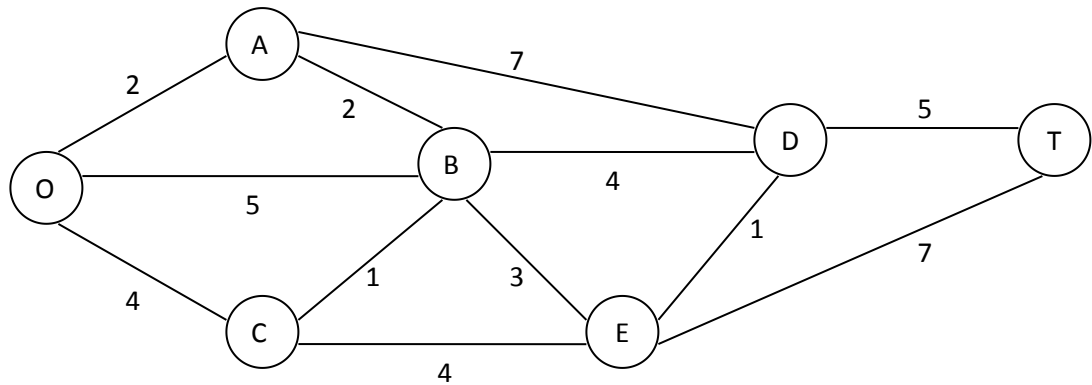
- d. Kecakapan algoritma ini untuk diaplikasikan pada versi yang sama untuk masalah kombinasi optimasi yang berbeda, seperti dalam ATSP (Asymmetric Travelling Salesman Problem) yang merepukan perluasan dari TSP (Travelling salesman Problem).
- e. Algoritma ini dapat diaplikasikan untuk masalah kombinasi optimalisasi yang lain, seperti QAP (Quadratic Assignment Problem) dan JSP (Job shop Scheduling Problem) dengan perubahan yang minimal.

## 2.5. Deskripsi Jaringan

Model jaringan sering ditampilkan sebagai kerangka kerja dan struktur perhitungan untuk memperbaiki pendekatan tradisional menjadi analisis sistem. Dengan analisis jaringan dapat diselesaikan persoalan-persoalan untuk mendapatkan lintasan terpendek atau terpanjang yang menghubungkan simpul awal dengan melalui beberapa simpul alternatif sampai simpul akhir. Sebuah jaringan (*Network*) adalah suatu susunan garis edar (*path*) yang menghubungkan berbagai titik, dimana satu barang atau lebih bergerak dari satu titik ke titik lainnya.

Jaringan dapat diilustrasikan sebagai diagram yang terdiri dari dua komponen penting simpul (*node*) dan cabang (*brance*). Simpul melambangkan titik-titik persimpangan, sebagai contoh persimpangan jalan. Cabang menghubungkan simpul-simpul tersebut mencerminkan arus dari satu titik ke titik lain dalam jaringan tersebut. Umumnya simpul-simpul dalam sebuah jaringan melambangkan lokasi seperti kota, persimpangan, dan lain sebagainya. Adapun tujuan dari sebuah jaringan adalah untuk menentukan jarak terpendek, waktu tersingkat, atau biaya terendah untuk menuju titik-titik dalam jaringan. Notasi standar untuk menggambarkan sebuah jaringan  $G$  adalah  $G = (N,A)$ , dimana  $N$  adalah himpunan node dan  $A$  adalah himpunan busur.

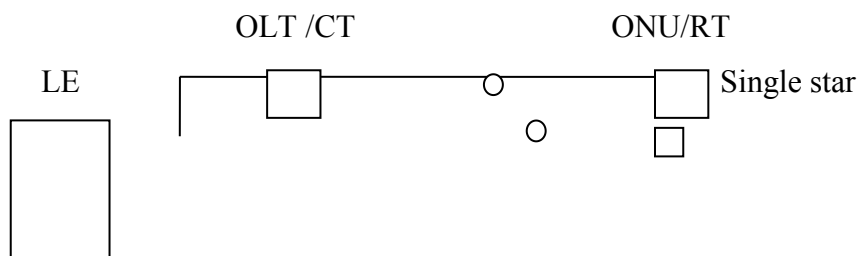
Dengan demikian, Gambar 2.2 adalah contoh sebuah grafik lingkaran-lingkaran yang menyatakan stasiun-stasiunnya adalah *nodes*-nya, dan jalan-jalan yang menghubungkan stasiun-stasiun itu adalah busurnya (Tjutju Tarlih Dimiyati dan Akhmad Dimiyati, 1992: 162).

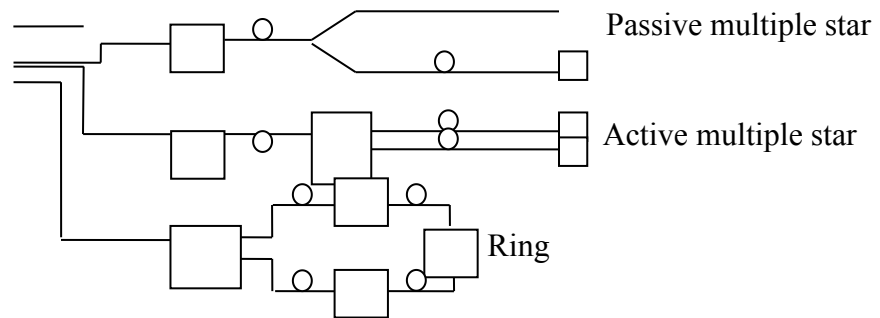


**Gambar 2.3.** Jaringan

## 2.6. Modus Aplikasi OAN

Sistem OAN secara umum terdiri dari dua jenis perangkat, yaitu perangkat opto elektronik yang ditempatkan di sisi sentral (dapat berupa Central Terminal/CT atau Optical Line Terminal/OLT) serta perangkat opto elektronik yang ditempatkan di sisi pelanggan (dapat berupa Remote Terminal/RT atau Optical Network Unit/ONU). Perbedaan lokasi peletakan perangkat opto elektronik di sisi pelanggan memunculkan berbagai macam istilah modus aplikasi OAN. Beberapa istilah umum yang paling banyak dipakai untuk menjelaskan modus aplikasi OAN adalah sebagai berikut (PT. TELEKOMUNIKASI INDONESIA, Tbk 2004) :





**Gambar 2.4.** Alternatif konfigurasi OAN

- LE = Local Exchange
- OLT = Optical Line Terminal
- ONU = Optical Network Unit
- PON = Passive Optical Network
- OAN = Optical Accses Network

## **BAB III**

### **Metode Penelitian**

#### **3.1. Objek Penelitian**

Penelitian dilakukan di Kantor STO PT. TELKOM Banjarmasin Kalimantan Selatan yang beralamat di Jl. Pangeran Samudra No. 92 Banjarmasin Kalimantan Selatan. Objek penelitian adalah rute jaringan fiber optik antar BTS OAN (Optical Access Network)

#### **3.2 Perumusan Masalah dan Penentuan Tujuan Penelitian**

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah yang dihadapi oleh PT TELKOM Banjarmasin. Dalam masalah jaringan fiber optik untuk memperluas dan menjangkau seluruh wilayah. Seringkali terdapat permasalahan dalam hal kenyamanan pelanggan dalam menggunakan produk . Ini menyebabkan penentuan rute jaringan fiber optik menjadi penting untuk dipertimbangkan dalam pembangunan BTS OAN setiap tahunnya. Untuk kenyamanan pelanggan dalam penggunaan produk dibutuhkan rute jaringan fiber optik antar BTS OAN (Optical Access Network) terbaik yang menjadi tujuan. Untuk itu perlu dilakukan rancangan-rancangan terlebih dahulu dalam pemilihan rute jaringan fiber optik BTS (Optical Access Network) tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif rute jaringan fiber optik terbaik untuk BTS OAN (Optical Access Network) dengan mencari rute jaringan fiber optik terpendek antar BTS OAN (Optical Access Network) menggunakan pendekatan algoritma semut.

#### **3.3 Pengumpulan Data**

##### **3.3.1 Data Yang Diperlukan**

Tahap selanjutnya adalah mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Adapun data-data yang diperlukan sebagai berikut :

- a. Peta area jaringan fiber optik OAN untuk kawasan Banjarmasin yang dapat digunakan untuk menentukan alternatif-alternatif jalur ke setiap BTS.
- b. Jarak antar semua BTS OAN
- c. Letak geografis masing-masing BTS OAN.
- d. Peta wilayah Banjarmasin.

### 3.3.2. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain dengan menggunakan:

- a. *Library research* (studi pustaka)

Studi ini diarahkan untuk memperoleh teori yang digunakan dalam menyelesaikan kasus yang dihadapi dalam penelitian. Dasar teoritis ini diperoleh dari literature-literatur, majalah ilmiah, maupun tulisan-tulisan lainnya yang berhubungan dengan masalah yang diteliti.

- b. *Field research* (studi lapangan)

Studi ini dilakukan dilapangan untuk mengadakan pengamatan dan pengambilan data terhadap objek penelitian. Tujuan dilakukannya studi ini untuk mendapatkan data primer yang berhubungan dengan penelitian. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan jalan :

- c. Wawancara (*interview*)

Cara pengumpulan data melalui wawancara langsung dengan pihak-pihak yang terkait.

- d. Pengamatan Langsung

Cara pengumpulan data dengan melakukan pengamatan langsung terhadap data-data yang diperlukan seperti mengakses informasi yang ada diperusahaan.

- e. Studi kepustakaan

Data yang didapat dari mempelajari literature-literatur yang berhubungan dengan materi yang akan dibahas.

### 3.4. Pengolahan Data

#### 3.4.1. Pengembangan Algoritma Semut

Algoritma utama yang dipakai untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi adalah algoritma semut. Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam pengembangan algoritma semut ini supaya dapat menyelesaikan masalah yang dihadapi adalah sebagai berikut (Dorigo *et al.*, 1996) :

1. a. Inisialisasi harga parameter-parameter algoritma.  
b. Inisialisasi kota pertama setiap semut.
2. Pengisian kota pertama kedalam tabu list.
3. Penyusunan rute kunjungan setiap semut ke setiap kota.
4. a. Perhitungan panjang rute setiap semut.  
b. Pencarian rute terpendek.  
c. Perhitungan perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota.
5. a. Perhitungan harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk siklus berikutnya.  
b. Reset harga perubahan intensitas jejak kaki semut antar kota.
6. Pengosongan tabu list, dan ulangi langkah 2 jika diperlukan.

Algoritma semut ini digunakan untuk menyelesaikan persoalan rute terpendek (shortest route). Namun dalam masalah ini bobot tiap lintasan menggunakan jarak antar BTS . Dimana algoritma semut digunakan untuk mencari lintasan yang mempunyai bobot paling minimum dari suatu sumber ke suatu tujuan.

Representasi persoalan shortest route perlu dirancang ke dalam pendekatan algoritma semut untuk kemudian diimplementasikan sebagai sebuah perangkat lunak.

#### 3.4.2. Persoalan Rute Terpendek.

Untuk setiap dua node S dan T ( atau O dan T pada gambar 2.2) dapat terjadi beberapa lintasan, dimana lintasan dengan bobot yang minimum disebut sebagai lintasan atau rute terpendek. Bobot disini dapat berupa jarak dari satu node



ke node lainnya yang berbentuk rute tertentu busurnya ( Tjutju Tarlih Dimiyati dan Akhmad Dimiyanti,1992 : 162).

### **3.4.3. Pendekatan Algoritma Semut Untuk Pemecahan Persoalan Rute Terpendek**

Dalam persoalan TSP, kita mencari lintasan/rute yang menghubungkan semua node/simpul dan selalu membentuk loop/siklus tertutup dengan total jarak minimum. Sedangkan pada persoalan rute terpendek ini yang dipersoalkan ialah menentukan busur-busur yang menghubungkan node yang ada pada jaringan tanpa membentuk loop tertutup sehingga diperoleh total panjang busur yang minimum. Solusi yang dicari dalam persoalan rute terpendek adalah total panjang busur yang minimum dari node sumber ke node tujuan.

Dalam konsep algoritma semut, setiap semut secara acak memilih sebuah kota sebagai kota pertama. Kemudian berdasarkan probabilitas kunjungannya, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dihitung sesuai dengan persamaan (1), setiap semut akan memilih kota lainnya sebagai kota ke dua. Pemilihan kota selanjutnya juga dilakukan berdasarkan probabilitas kunjungannya, dan tidak boleh memilih kota yang pernah dikunjungi sebelumnya. Demikian untuk seterusnya sampai semua kota dikunjungi sekali. Setiap semut akan mempunyai panjang rute-rute masing-masing yang merupakan jarak kota pertama ke kota ke dua, jarak kota ke dua ke kota ke tiga dan seterusnya sampai kota terakhir. Solusi yang ditemukan adalah panjang rute paling pendek diantara panjang rute yang ditempuh semua semut.

Dalam menyelesaikan persoalan rute terpendek, setiap semut secara acak memilih sebuah node sebagai node pertama. Kemudian semut tersebut harus memilih simpul berikutnya sebagai simpul ke dua berdasarkan probabilitasnya. Node ketiga dan seterusnya dipilih melanjutkan node-node yang telah terpilih sebelumnya sehingga menjamin terbentuknya rute perjalanan semut. Demikian seterusnya sampai node-node yang menghubungkan antara node sumber dan node tujuan membentuk sebuah rute terpendek. Solusi yang ditemukan adalah panjang busur minimum yang menghubungkan node sumber dan node tujuan.

#### **3.4.4. Konstruksi Program Komputer**

Setelah algoritma-algoritma kecil yang lebih terperinci didapat, kemudian dilakukan pembangunan sebuah konstruksi program computer untuk merealisasikan integrasi algoritma yang sudah di dapat. Tahap ini sekaligus merupakan tahap verifikasi terhadap integrasi algoritma semut tersebut, karena pada tahap inilah layak tidaknya algoritma yang telah diintegrasikan tersebut dapat ditentukan.

Program computer dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman MS-Access dengan software Borland Delphi 7 yang dijalankan pada personal computer dengan spesifikasi processor 2.8 GHz, dan kapasitas RAM 1GB.

#### **3.5. Analisis Penyelesaian Kasus**

Dalam langkah ini bertujuan mendapatkan gambaran lengkap mengenai model dan algoritma yang telah dikembangkan yang mengarah kepada analisa kasus yang akan dipecahkan.

Validasi model dan algoritma dilakukan dengan cara menguji coba model dan algoritma yang telah dibangun ke dalam komputer yang telah dibuat. Hal ini dilakukan dengan cara menyelesaikan kasus penentuan jarak terpendek yang mempunyai karakteristik sama dengan kasus yang akan dipecahkan dalam penelitian ini.

Setelah model dan algoritma yang dipaki dianggap layak, kemudian program dijalankan untuk menyelesaikan kasus yang dihadapi, solusi yang didapat akan dijadikan sebagai bahan analisa kasus yang dipecahkan.

Algoritma semut digunakan untuk mendapatkan solusi urutan jalan yang dilewati dalam penentuan rute jaringan fiber optik terbaik untuk BTS OAN. Dengan bobot berupa jarak antar BTS. Sehingga didapatkan gambaran yang jelas mengenai jalan-jalan yang dilewati dengan jarak antar BTS terpendek setelah dilakukan pemilihan rute terbaik menggunakan algoritma semut.

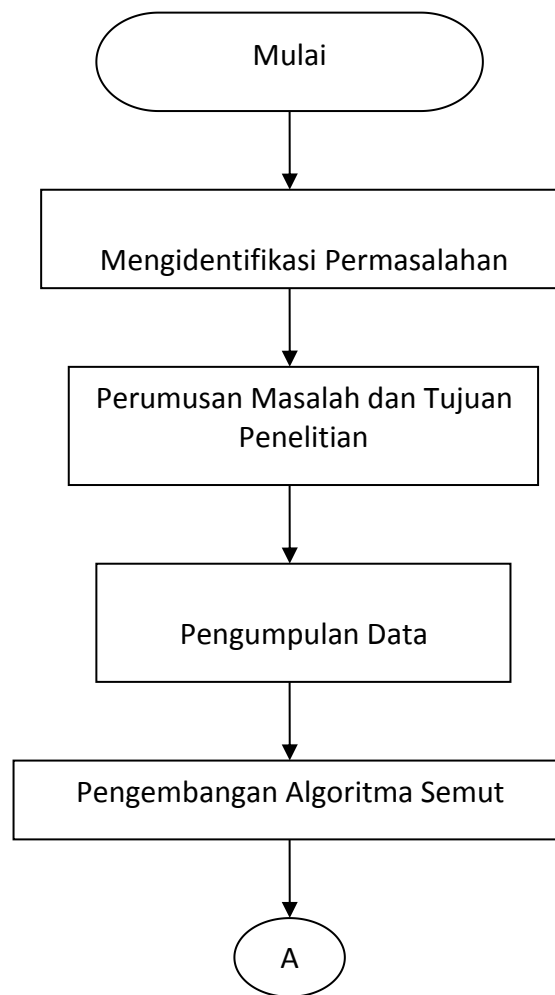
### **3.5. Kesimpulan dan Saran**

Penarikan kesimpulan terhadap kasus yang diselesaikan dilakukan pada tahap akhir penelitian ini setelah dilakukan analisa terhadap kasus yang dipecahkan terlebih dahulu. Penarikan kesimpulan bertujuan untuk menjawab tujuan penelitian yang sudah ditetapkan.

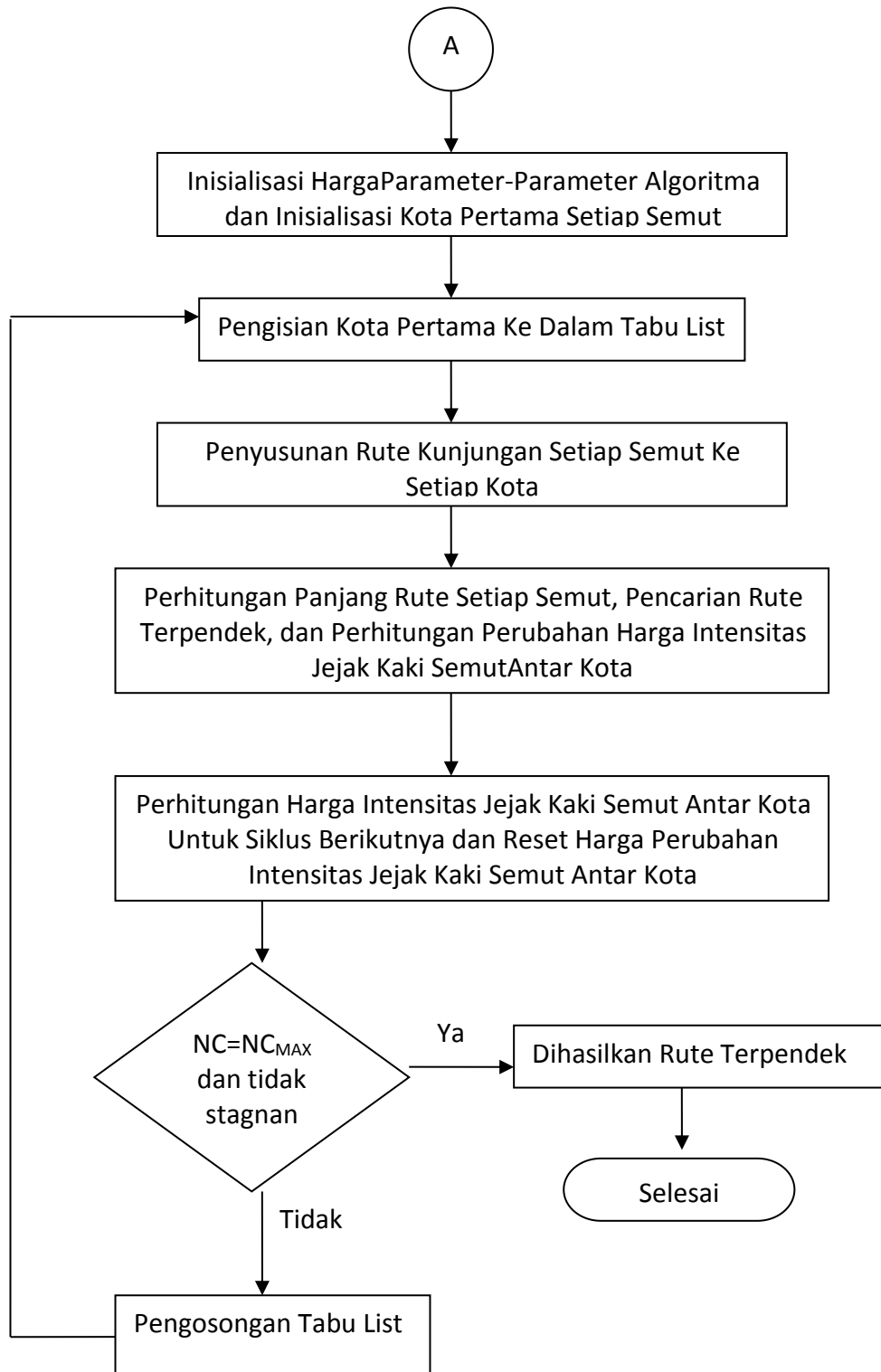
Saran-saran juga dikemukakan untuk memberikan masukan mengenai penyelesaian kasus yang dihadapi pada sistem yang diteliti. Selain itu juga diberikan saran-saran perbaikan bagi penelitian-penelitian berikutnya untuk melakukan pengembangan model dan algoritma-algoritma dalam penyelesaian kasus yang mempunyai karakteristik yang sama dengan kasus dalam penelitian ini.

### 3.6. Kerangka Penelitian

Adapun bentuk kerangka penelitian dalam bentuk skematis diagram dapat ditunjukkan seperti gambar berikut :



**Gambar 3.1.** Diagram Kerangka Penelitian



**Gambar 3.2.** Diagram Alir Proses Algoritma Semut.

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

#### **4.1. Rancangan Jaringan Komunikasi**

Rancangan jaringan jalur komunikasi antar BTS menggunakan ruas jalan raya yang ada. Sehingga jalur komunikasi antar BTS merupakan pembentukan jaringan berdasarkan jalan-jalan yang dapat dilalui untuk sampai ke suatu node tujuan dari sebuah node sumber. Untuk mengetahui jalan yang menghubungkan sumber dan tujuan dilakukan survey langsung di lapangan. Dalam kasus pencarian rute terbaik ini pembentukan jaringan dikelompokkan menjadi 4 jaringan berdasarkan perbedaan sumber dan tujuan, yaitu :

1. Jaringan dari BTS Sentral menuju BTS HRE sehingga BTS HRE menjadi tujuan.
2. Jaringan dari BTS Sentral menuju BTS FRG sehingga BTS FRG menjadi tujuan.
3. Jaringan dari BTS Sentral menuju BTS FRAE sehingga BTS FRAE menjadi tujuan.
4. Jaringan dari BTS Sentral menuju BTS FRAK sehingga BTS FRAK menjadi tujuan.

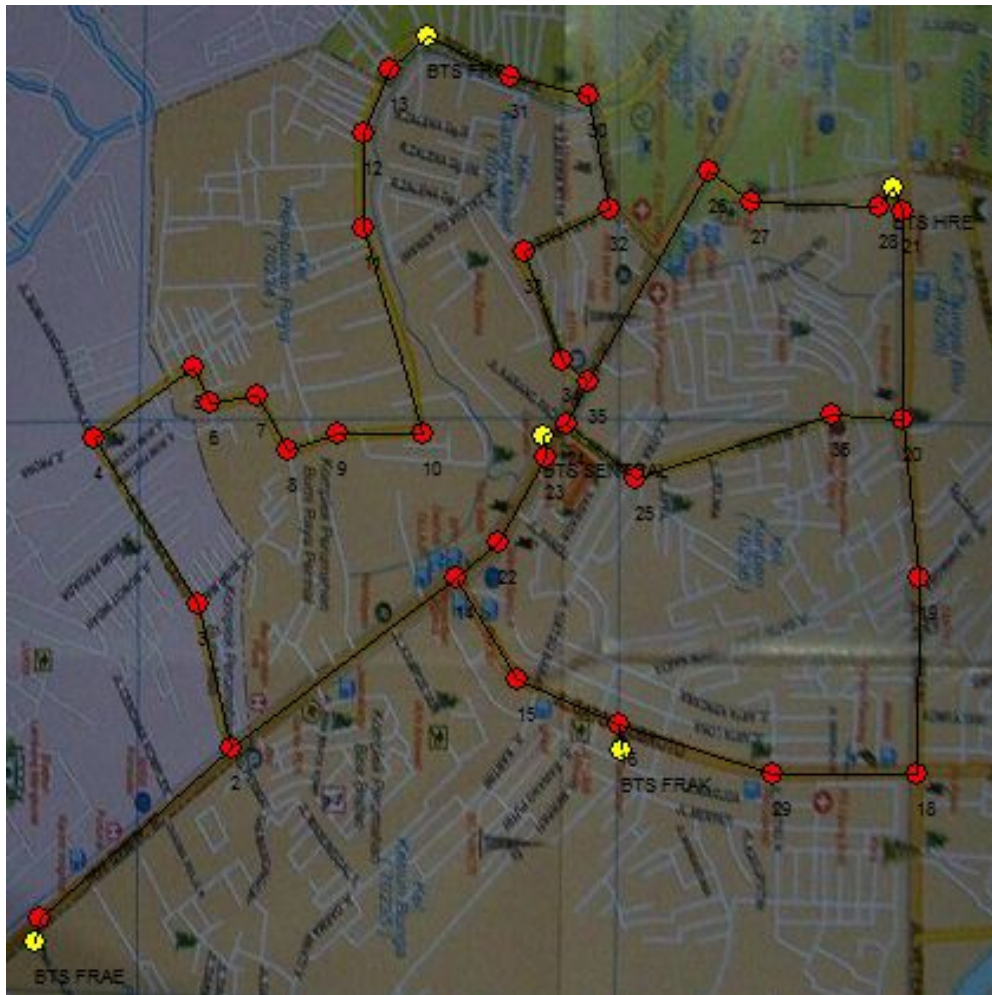
Rancangan jaringan jalan ini menggunakan 1 bobot antar node yaitu jarak tempuh.

#### **4.2. Pengumpulan Data**

Data yang diperlukan untuk menyelesaikan kasus pencarian rute terbaik ini adalah gambar jaringan yang terbentuk dan jarak tempuh antar node. Pengumpulan data yang telah dilakukan dapat lebih diperjelas dengan gambar jaringan dan tabel berikut ini:

1. Gambar jaringan

Dalam gambar jaringan dilakukan pembulatan ke atas pada nilai bobot hasil perhitungan. Adapun gambar jaringan yang dibentuk sebagai berikut :



**Gambar 4.1.** Peta Jaringan

Berdasarkan gambar jaringan diatas diperoleh daftar jalur/path antar node yang ada berikut jaraknya (dalam satuan pixel) ada pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Nama-nama Path /Jalur Antar Node dan Jaraknya

NO	NAMAJALUR	BTS/SIMPANG AWAL	BTS/SIMPANG TUJUAN	JARAK (Pixel)
1	JALUR 10-11	10	11	90.52
2	JALUR 11-12	11	12	40

<b>NO</b>	<b>NAMAJALUR</b>	<b>BTS/SIMPANG AWAL</b>	<b>BTS/SIMPANG TUJUAN</b>	<b>JARAK (Pixel)</b>
3	JALUR 1-2	1	2	108.37
4	JALUR 12-13	12	13	29.15
5	JALUR 13-BTS FRG	13	BTS FRG	21.26
6	JALUR 14-15	14	15	50.24
7	JALUR 14-22	14	22	23.43
8	JALUR 15-16	15	16	47.01
9	JALUR 16-29	16	29	68.30
10	JALUR 16-BTS FRAK	16	BTS FRAK	11.04
11	JALUR 18-19	18	19	83.0
12	JALUR 19-20	19	20	67.36
13	JALUR 20-21	20	21	88
14	JALUR 2-14	2	14	119.20
15	JALUR 21-BTS HRE	21	BTS HRE	10.77
16	JALUR 22-23	22	23	41.18
17	JALUR 2-3	2	3	62.58
18	JALUR 23-BTS SENTRAL	23	BTS SENTRAL	9.05
19	JALUR 24-25	24	25	37.01
20	JALUR 25-36	25	36	87.28
21	JALUR 26-27	26	27	22.20
22	JALUR 26-35	26	35	102.57
23	JALUR 27-28	27	28	54.03
24	JALUR 29-18	29	18	61
25	JALUR 30-32	30	32	48.83
26	JALUR 31-30	31	30	33.95
27	JALUR 32-33	32	33	40.24
28	JALUR 33-34	33	34	48.70
29	JALUR 3-4	3	4	82.68
30	JALUR 34-35	34	35	14.21
31	JALUR 35-24	35	24	20.12



NO	NAMAJALUR	BTS/SIMPANG AWAL	BTS/SIMPANG TUJUAN	JARAK (Pixel)
32	JALUR 36-20	36	20	30.06
33	JALUR 4-5	4	5	51.61
34	JALUR 5-6	5	6	16.55
35	JALUR 6-7	6	7	20.22
36	JALUR 7-8	7	8	26.41
37	JALUR 8-9	8	9	22.13
38	JALUR 9-10	9	10	36
39	JALUR BTS FRAE-1	BTS FRAE	1	10.19
40	JALUR BTS FRG-31	BTS FRG	31	38.91
41	JALUR BTS HRE-28	BTS HRE	28	10
42	JALUR BTS SENTRAL-24	BTS SENTRAL	24	11.18

### 4.3. Algoritma Semut.

#### 4.3.1. Gambaran Algoritma Secara Umum.

Algoritma secara umum lebih menjelaskan secara konsep cara kerja algoritma koloni semut secara umum.

1. Sejumlah semut ( $m$ ) berangkat dari node pertama menuju ke beberapa node masing-masing sekali dan kembali ke node pertama.
2. Setiap node yang sudah dituju akan disimpan di tabu list. Setiap kali semut menuju pada suatu node, elemen tabu list akan bertambah satu. Demikian seterusnya sampai tabu list mempunyai banyak elemen.
3. Setelah satu siklus diselesaikan oleh semut maka panjang rute tertutup atau  $L_k$  setiap semut dapat dihitung berdasarkan  $tabu_k$  masing-masing siklus semut.

#### 4.3.2. Gambaran Algoritma Secara Terinci.

1. a. Inisialisasi harga parameter algoritma, seperti  $n$  (*banyak node*), berikut  $x$  dan  $y$  (*koordinat*) atau  $d$  (*jarak antar kota*),  $Q$  (*tetapan siklus-semut*),  $\alpha$  (*tetapan pengendali intensitas jejak semut*),  $\beta$  (*tetapan pengendali*

*visibilitas*),  $\eta$  (*visibilitas antar kota* =  $1/d_{ij}$ ),  $m$  (*banyak semut*),  $\rho$  (*tetapan penguapan jejak semut*),  $NC_{max}$  (*jumlah siklus maksimum*),  $\tau_{ij}$  (*intensitas jejak semut antar kota*).

- b. Inisialisasi *node* pertama setiap semut.
2. Mengisi panjang *node* pertama ke dalam *tabu list*.
3. Menyusun rute kunjungan setiap semut ke setiap *node*.
4. Menghitung panjang rute setiap semut.
5. Mencari rute terpendek.
6. Menghitung perubahan *harga intensitas jejak kaki semut antar node*.
7. Menghitung *harga intensitas jejak kaki semut antar node* untuk siklus berikutnya.
8. *Reset harga perubahan intensitas jejak kaki semut antar node*.
9. Mengosongkan *tabu list*.
10. Mengulangi langkah 2 jika diperlukan.

#### 4.4. Pengolahan Data Dengan Algoritma Semut

Tahapan-tahapan algoritma semut yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### 4.4.1. Tahap Inisialisasi Parameter dan Node Pertama Setiap Semut.

Tahap inisialisasi adalah tahap dimana dilakukan inisialisasi harga parameter yang akan digunakan dalam perhitungan algoritma semut selanjutnya. Parameter-parameter ini secara langsung mempunyai pengaruh terhadap perhitungan probabilitas node yang akan dikunjungi dan berpengaruh terhadap terjadinya konvergensi (kondisi dimana semut memperoleh jarak optimal yang sama). Harga parameter yang digunakan dalam kasus ini adalah :

1. Jumlah Semut ( $m$ ) = 10  
Ditentukan berdasarkan atau disesuaikan dengan jumlah node. Jumlah semut ini akan berpengaruh pada seberapa banyak variasi rute yang dihasilkan.
2. Jumlah Siklus Maksimum ( $NC_{max}$ ) = 10

Digunakan untuk menghentikan program dan berpengaruh pada waktu komputasi, semakin besar jumlah siklus maksimumnya maka semakin besar pula waktu komputasinya.

3. Tetapan Pheromon per Siklus Semut ( $Q$ ) = 50  
Bersifat numeris, digunakan untuk menentukan nilai selisih intensitas jejak kaki setiap semut.
4.  $\alpha = 1$   
Bersifat numeris, digunakan untuk perhitungan probabilitas pemilihan rute yang akan dilalui semut.
5. Visibilitas ( $\beta$ ) = 5  
Kemampuan semut untuk memancarkan atau memberikan sinyal terhadap semut-semut selanjutnya. Bersifat numeris, digunakan untuk menghitung probabilitas pemilihan rute yang akan dilalui semut.
6.  $\rho = 0,5$   
Bersifat numeris, digunakan untuk menentukan nilai intensitas jejak semut selanjutnya.
7. Intensitas jejak semut ( $\tau$ ) = 0,1  
Memberi informasi jumlah semut yang memilih jejak yang sama seperti saat lampau, parameter ini sangat menentukan pada proses pemilihan rute yang harus dilalui oleh semut.

Langkah selanjutnya dimulai dengan mendistribusikan semut pada node pertama masing-masing. Setiap semut ditempatkan di node-node tertentu sesuai dengan kota sumber. Pendistribusian semut pada node pertama inilah yang disebut dengan inisialisasi node pertama setiap semut.

#### **4.4.2. Pengisian Node Pertama ke dalam Tabu List**

Node-node pertama setiap semut hasil inisialisasi langkah 1 harus diisikan sebagai elemen pertama tabu list. Dari langkah ini akan didapat elemen pertama tabu list setiap semut berisi indeks node tertentu. Jadi setiap  $\text{tabu}_k(1)$  bisa berisi indeks node antara 1 sampai  $n$  sebagaimana hasil inisialisasi pada langkah 1.

Tabu list digunakan untuk menyimpan daftar urutan node-node yang sudah dikunjungi setiap semut. Pada awalnya, ketika algoritma belum dijalankan atau sebelum sebuah siklus kunjungan dimulai, tabu list setiap semut kosong. Kemudian setiap kali seekor semut berkunjung ke suatu kota, elemen tabu list bertambah satu. Demikian selanjutnya sampai tabu list penuh atau mempunyai banyak elemen sama dengan banyak semua node yang harus dikunjungi. Selain berfungsi sebagai penyimpan daftar urutan node, tabu list juga dipakai untuk mengetahui node-node yang belum dikunjungi semut sebelum sampai ke node terakhir.

Tabu list dinotasikan sebagai  $\text{tabu}_k$ , dengan  $k$  merupakan indeks semut. Pada saat penuh, setiap  $\text{tabu}_k$  berisi elemen sebanyak node yang sudah dikunjungi, hal ini menunjukkan bahwa tabu list paling tepat diwujudkan sebagai matrik dua dimensi yang berukuran banyak semut  $\times$  banyak node. Mengingat tabu list merupakan matriks dua dimensi maka dapat diimplementasikan dalam bentuk array statik. Hanya saja pada array statik jumlah/ukurannya selalu tetap sehingga jika array yang telah diinisialisasikan lebih besar dari jumlah titik yang akan dihitung mengakibatkan terjadinya pemborosan memori.

Untuk mengatasi kelemahan penggunaan array statik, dapat digunakan array dinamis. Ukuran matriks dapat di deklarasikan ulang pada saat program dijalankan (*runtime*), demikian juga alokasi memori yang digunakan dengan sendirinya akan menyesuaikan.

Algoritma semut akan menghasilkan urutan pasangan node yang dikunjungi. Pada saat perjalanan awal dimulai, array input akan berisi pasangan node. Semut akan berjalan dari suatu node tertentu. Maka akan dihitung probabilitas node-node yang terhubung dari node asal. Jika terpilih suatu node, maka pasangan node asal dan tujuan yang terpilih akan terhapus pada array asal dan akan diisi pada array hasil. Sehingga deklarasi array dinamis yang akan dibuat berbentuk array dinamis dua dimensi. Pada saat input data dibutuhkan array satu dimensi.

Selain terhapus karena pasangan nodenya terpilih, isi array asal akan terhapus juga jika terdapat pasangan node yang dapat menyebabkan sirkulasi.

Setelah semua perjalanan dalam satu siklus selesai maka array asal akan terhapus semua dan array hasil hanya terisi oleh pasangan node yang terpilih saja. Jadi tidak semua node yang terhubung akan ditulis kembali. Namun node yang terpilih saja yang akan ditulis kembali.

#### 4.4.3. Penyusunan Rute Kunjungan Setiap Semut ke Setiap Node

Setelah semut-semut terdistribusi ke sejumlah atau setiap *node*. Semut-semut akan mulai melakukan perjalanan dari node pertama sebagai *node* asal dan salah satu *node* lainnya sebagai *node* tujuan. Kemudian dari *node* kedua semut-semut akan melanjutkan perjalanan dengan memilih salah satu dari *node-node* yang tidak terdapat pada  $tabu_k$  sebagai *node* tujuan berikutnya. Demikian seterusnya sampai semua *node* satu persatu dikunjungi atau telah menempati  $tabu_k$ . Jika  $s$  menyatakan indeks urutan kunjungan, *node* asal dinyatakan sebagai  $tabu_k(s)$  dan *node-node* lainnya dinyatakan sebagai  $\{N-tabu_k\}$ ,  $i$  menyatakan node asal dan  $j$  menyatakan *node* tujuan, maka untuk menentukan *node* tujuan ini digunakan persamaan probabilitas *node* untuk dikunjungi sebagai berikut :

$$P_{ij}(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{j \in (N-tabu_k)} [\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta} \text{ untuk } j \in \{N-tabu_k\}$$

dan

$$P_{ij}^k = 0, \text{ untuk } j \text{ lainnya}$$

Persamaan di atas menunjukkan besarnya kemungkinan suatu *node* untuk dipilih sebagai *node* tujuan perjalanan semut berikutnya. Semakin besar harga probabilitas, semakin besar pula kemungkinannya untuk dipilih sebagai *node* tujuan. Tetapi hal ini tidak berarti bahwa *node* tujuan yang dipilih adalah *node* yang mempunyai harga probabilitas terbesar, dan juga tidak berarti tertutupnya kemungkinan *node* yang mempunyai harga probabilitas kecil dijadikan sebagai *node* tujuan..

Sebagai contoh, akan dihitung nilai probabilitas node-node tujuan dari *node* 1 oleh 1 semut dalam satu siklus sesuai dengan rumus di atas. Pada kasus ini

semut berasal dari titik 1 dan harus memilih menuju titik 2, 3 atau 4. Jarak dari titik 1 ke 2 adalah 2, jarak dari 1 ke 3 adalah 5, dan jarak dari 1 ke 4 adalah 5 satuan :

$$\begin{aligned}
 P_{12} &= \frac{[0.1]^1 \cdot \left[\frac{1}{2}\right]^1}{[0.1]^1 \cdot \left[\frac{1}{2}\right]^1 + [0.1]^1 \cdot \left[\frac{1}{5}\right]^1 + [0.1]^1 \cdot \left[\frac{1}{5}\right]^1} \\
 &= \frac{0.05}{0.09} \\
 &= 0.556
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{13} &= \frac{[0.1]^1 \cdot \left[\frac{1}{5}\right]^1}{[0.1]^1 \cdot \left[\frac{1}{2}\right]^1 + [0.1]^1 \cdot \left[\frac{1}{5}\right]^1 + [0.1]^1 \cdot \left[\frac{1}{5}\right]^1} \\
 &= \frac{0.02}{0.09} \\
 &= 0.222
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{14} &= \frac{[0.1]^1 \cdot \left[\frac{1}{5}\right]^1}{[0.1]^1 \cdot \left[\frac{1}{2}\right]^1 + [0.1]^1 \cdot \left[\frac{1}{5}\right]^1 + [0.1]^1 \cdot \left[\frac{1}{5}\right]^1} \\
 &= \frac{0.02}{0.09} \\
 &= 0.222
 \end{aligned}$$

$$P_{\text{kumulatif}} = 0.000 \quad 0.556 \quad 0.778 \quad 1.000$$

Kemudian dilakukan pembangkitan bilangan random untuk menentukan nilai probabilitas *node* tujuan yang akan dipilih. Misal, bilangan random yang terpilih adalah 0.466, maka berdasarkan perhitungan probabilitas kumulatifnya *node* yang akan dituju adalah *node* 2.

Setelah sisi pertama dipilih oleh semut tersebut, maka selanjutnya semut tersebut harus memilih sisi-sisi yang terdapat pada *node* 2 sebagai sisi kedua berdasarkan probabilitasnya. Sisi ketiga dan seterusnya dibentuk dari *node-node* pada sisi-sisi yang sudah terbentuk ke *node-node* lainnya. Dengan cara yang sama pula, rumus di atas digunakan untuk menghitung nilai probabilitas *node-node* tujuan dari setiap semut untuk setiap siklus sampai semua *node* terhubung.

#### 4.4.4. Perhitungan Panjang Rute Setiap Semut, Pencarian Rute Terpendek dan Perhitungan Perubahan Harga Intensitas Jejak Kaki Semut antar Node

Setelah satu siklus diselesaikan oleh semua semut, maka panjang rute (length tour) atau  $L_k$  setiap semut dapat dihitung berdasarkan  $tabu_k$  masing-masing dengan persamaan berikut :

$$L_k = \sum_{s=1}^{n-1} d_{tabu_k(s)tabu_k(s+1)}$$

Dengan  $d_{ij}$  adalah jarak antara kota  $i$  ke kota  $j$  yang dihitung berdasarkan persamaan:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

Sebagai contoh, akan dihitung panjang rute semut pertama untuk siklus pertama berdasarkan persamaan di atas :

$$\begin{aligned} L_k &= 2 + 3 + 2 + 3 + 6 \\ &= 16 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk semua semut dalam satu siklus.

Selanjutnya dicari harga minimal panjang rute setiap siklus dan  $L_{\min NC}$  sebagai berikut :

$$L_{\min NC} = \min(L_1, L_2, \dots, L_m)$$

$$L_{\min NC} = \min(16, 11, 0, 16, 15) \\ = 11 \text{ m}$$

Sedangkan harga minimal panjang rute secara keseluruhan adalah :

$$L_{\min} = \min(L_{\min_1}, L_{\min_2}, \dots, L_{\min_{NC}}) \\ L_{\min} = \min(11, 8, 7, 10, 7) \\ = 7 \text{ m}$$

Maka perjalanan terdekat yang bisa disimpulkan adalah sejauh 7 m.

#### **4.4.5. Perhitungan Harga Intensitas Jejak Kaki Semut Antar Node Untuk Siklus Berikutnya dan Reset harga Perubahan Intensitas Jejak Kaki Semut Antar Node.**

Semua lintasan antar node yang dijadikan jalur perjalanan setiap semut mempunyai kemungkinan untuk dilewati semut-semut pada siklus berikutnya. Karena adanya “penguapan” dan intensitasnya juga mengalami perubahan tergantung pada semut-semut yang melewatinya, maka di mata semut yang akan lewat pada lintasan tersebut untuk siklus berikutnya, harga intensitas sudah berubah. Harga intensitas jejak kaki semut antar node untuk siklus berikutnya dihitung dengan persamaan :

$$\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij} + \Delta \tau_{ij} \\ = (0,5)(0,1) + 1.413 \\ = 1.418$$

Selanjutnya untuk siklus berikutnya perubahan harga intensitas jejak semut antar node perlu di-reset kembali agar berharga sama dengan nol.

#### **4.4.6. Pengosongan Tabu List**

Apabila belum tercapai jumlah siklus maksimum atau belum terkonvergensi, maka algoritma perlu diulang lagi dari langkah 2 dengan harga parameter intensitas jejak kaki semut antar node yang sudah diperbaharui. Di



samping itu tabu list perlu dikosongkan untuk diisi lagi dengan urutan node yang baru pada siklus berikutnya.

Proses ini berlangsung sampai perjalanan mencapai jumlah maksimum pada alur  $NC_{MAX}$  atau semua semut membuat pola perjalanan yang sama. Hal ini disebut dengan stagnation Behavior karena hal ini digunakan pada situasi dimana titik algoritma mencapai solusi alternatif.

#### 4.4.7. Hasil Pengolahan Data Menggunakan Algoritma Semut

Pada saat pengolahan data parameter yang digunakan menjadi :

1. Jumlah Semut ( $m$ ) = 10
2. Jumlah Siklus Maksimum ( $NC_{max}$ ) = 10
3. Tetapan Siklus Semut ( $Q$ ) = 50
4.  $\alpha = 1$
5. Visibilitas ( $\beta$ ) = 5
6.  $\rho = 0,5$
7. Intensitas Jejak Semut ( $\tau$ ) = 0.1

Dari hasil pengolahan data menggunakan algoritma semut, maka diperoleh rute jaringan sebagai berikut :

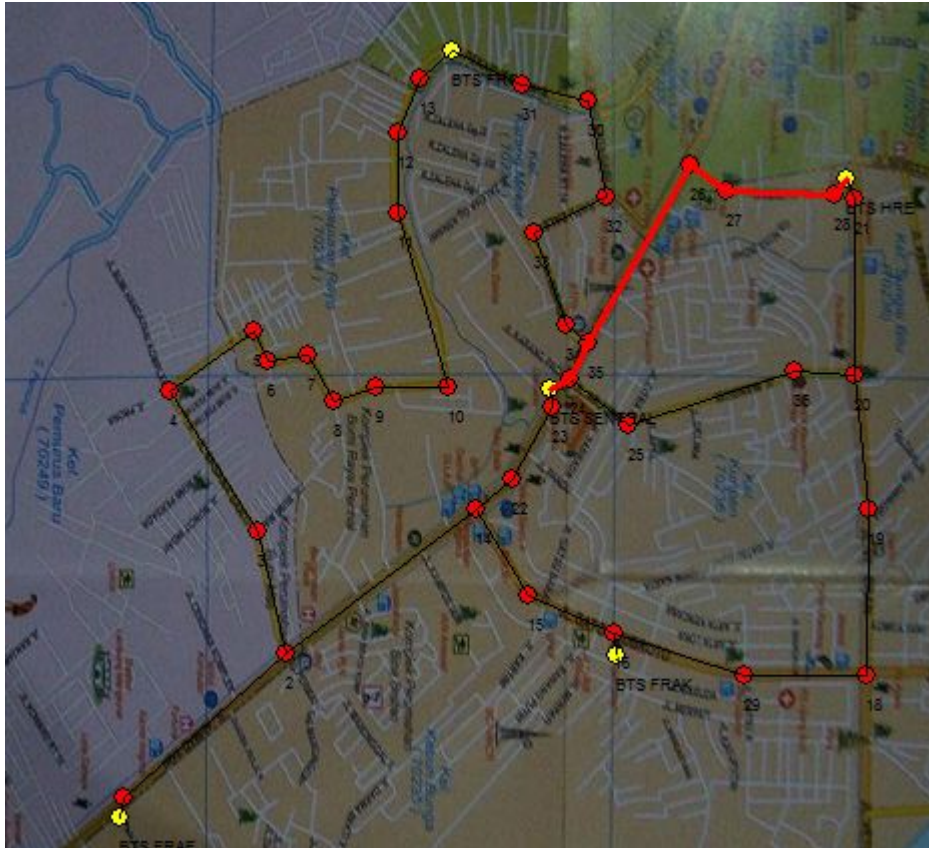
1. Jaringan jalan dengan BTS SENTRAL sebagai sumber dan BTS HRE sebagai tujuan.

Hasil perhitungan setelah 10 siklus :

Jarak terbaik: siklus ke 5 oleh semut ke-12

BTS SENTRAL  $\rightarrow$  24  $\rightarrow$  35  $\rightarrow$  26  $\rightarrow$  27  $\rightarrow$  28  $\rightarrow$  BTS HRE

Dengan total jarak yaitu 220.12 meter.



**Gambar 4.2.** Rute Komunikasi antara BTS Sentral dengan BTS HRE

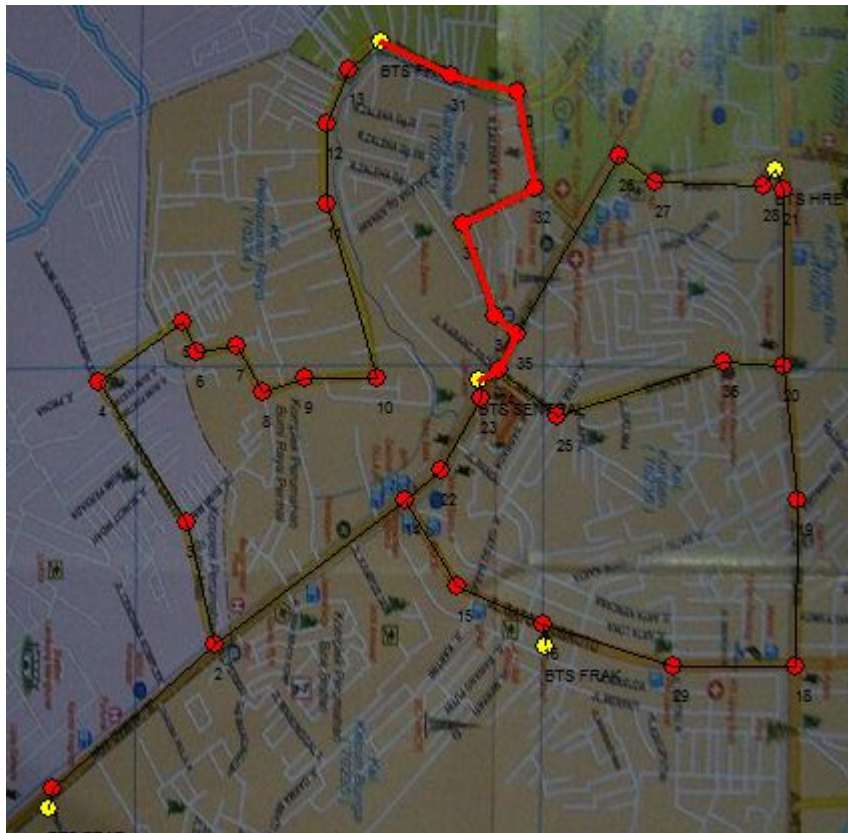
2. Jaringan jalan dengan BTS SENTRAL sebagai sumber dan BTS FRG sebagai tujuan.

Hasil perhitungan setelah 10 siklus :

Jarak terbaik: siklus ke 12 oleh semut ke-19

BTS SENTRAL → 34 → 33 → 32 → 30 → 31 → BTS FRG

Dengan total jarak yaitu 256.17 meter



**Gambar 4.3.** Rute Komunikasi antara BTS Sentral dengan BTS FRG

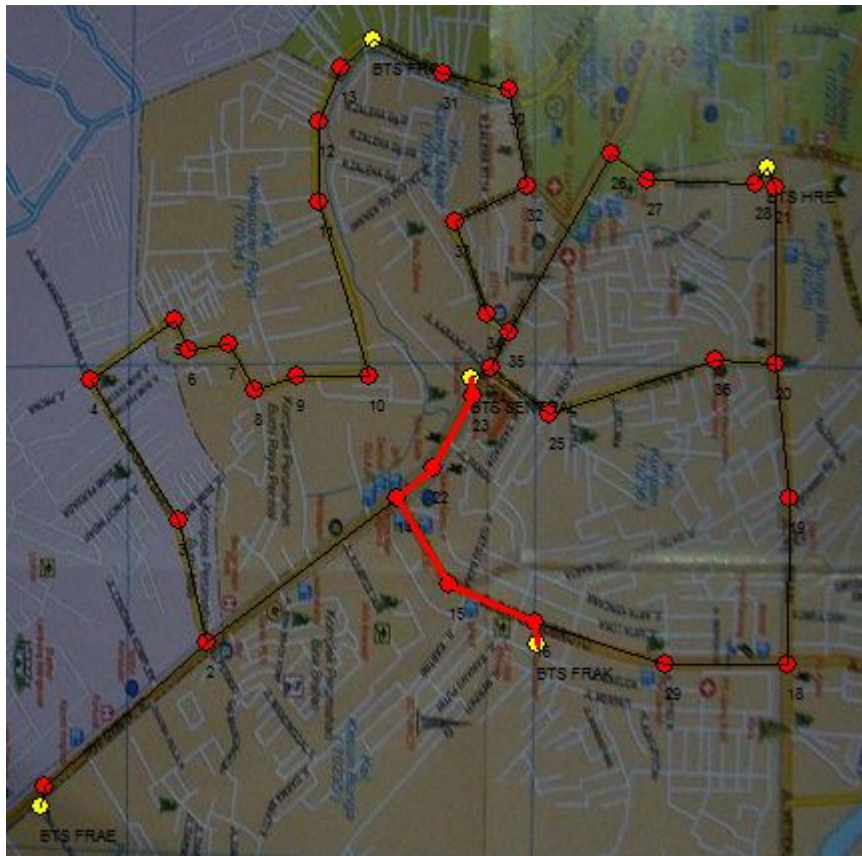
3. Jaringan jalan dengan BTS SENTRAL sebagai sumber dan BTS FRAK sebagai tujuan.

Hasil perhitungan setelah 10 siklus :

Jarak terbaik: siklus ke 7 oleh semut ke-4

BTS SENTRAL → 23 → 22 → 14 → 15 → 16 → BTS FRAK

Dengan total jarak : 181.97 meter



**Gambar 4.4.** Rute Komunikasi antara BTS Sentral dengan BTS FRAK

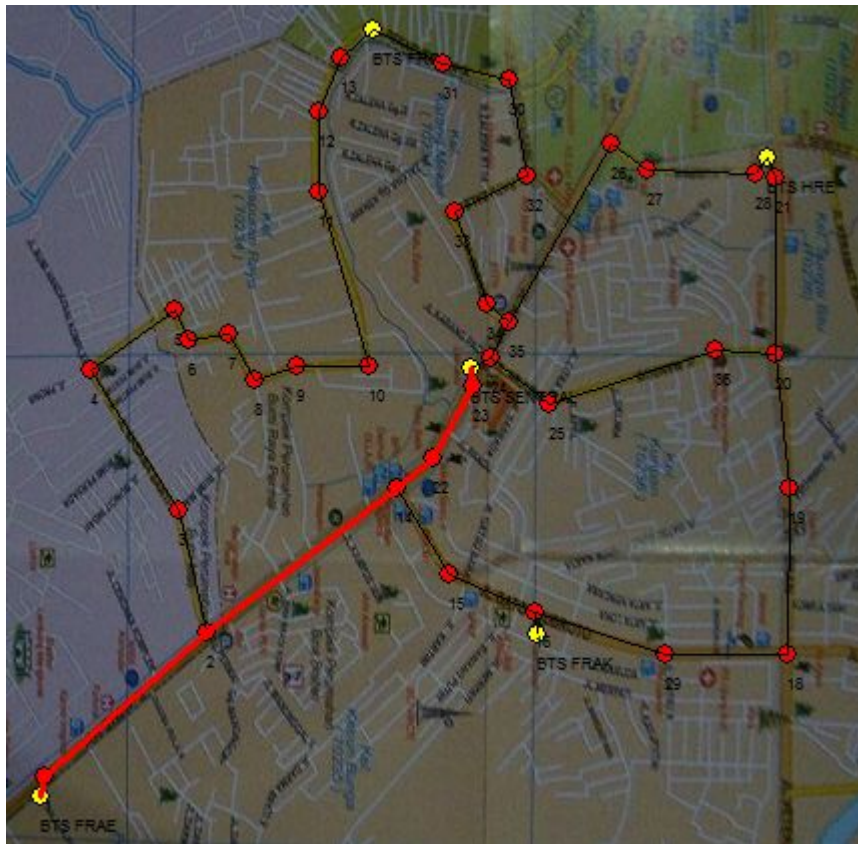
4. Jaringan jalan dengan BTS SENTRAL sebagai sumber dan BTS FRAE sebagai tujuan.

Hasil perhitungan setelah 10 siklus :

Jarak terbaik: siklus ke 7 oleh semut ke-4

BTS SENTRAL → 23 → 22 → 14 → 2 → 1 → BTS FRAE

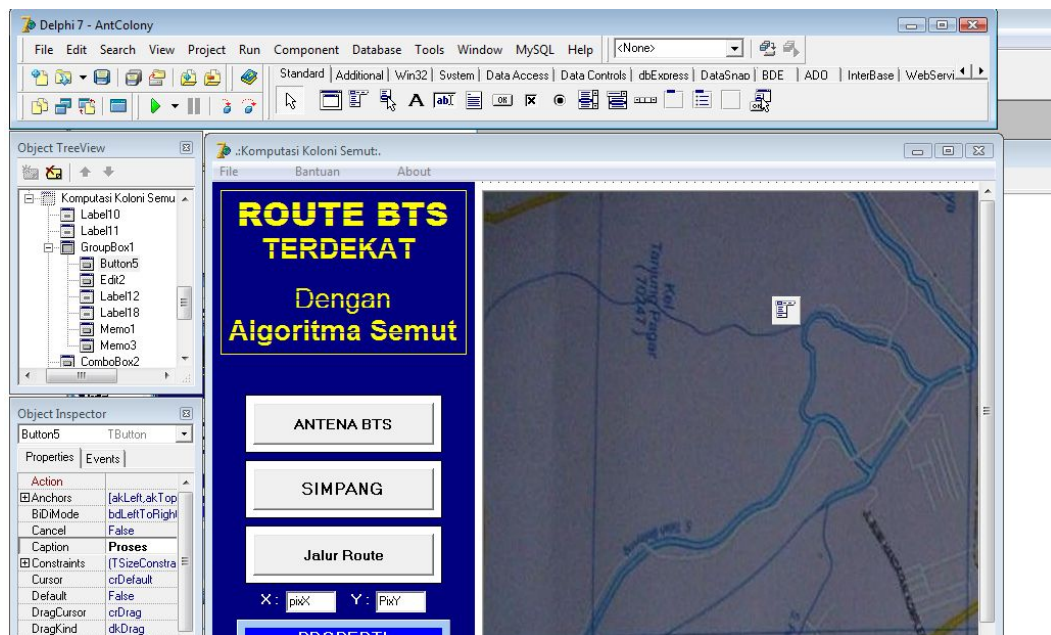
Jarak total : 311.4 meter



**Gambar 4.5.** Rute Komunikasi antara BTS Sentral dengan BTS FRAE

#### **4.5. Pembuatan Aplikasi Bantu Penentuan Jalur Terdekat**

Aplikasi untuk user merupakan sarana untuk mengakses sistem informasi rute perjalanan antar BTS. User pada sistem akan meminta layanan jarak terdekat untuk dua BTS. Dengan demikian diperlukan sarana yang cukup lengkap serta validasi yang baik di sisi user tersebut. Aplikasi di sisi user dibangun dengan pemrograman object Pascal menggunakan Development Tool Borland Delphi 7.0.



**Gambar 4.6.** Pemrograman Aplikasi dengan Delphi

Database berupa tabel BTS.db dan jarak.db diakses menggunakan komponen Ttable. Kedua komponen ini akan mengelola tabel berdasarkan input data dari user maupun dari proses komputasi koloni semut.

Jumlah form yang dibutuhkan ada 1 buah yaitu form utama. Pada form utama diletakkan komponen-komponen visual utama yaitu :

1. Komponen Timage : untuk menampilkan gambar peta dalam format file bitmap .BMP. Format file bitmap memungkinkan untuk diolah dan ditambah dengan data gambar BTS maupun jalur jalan raya.
2. Komponen Tbutton untuk melakukan eksekusi baris program tertentu.
  - a. Button BTS memunculkan sarana untuk penambahan data BTS, editing data BTS maupun penghapusan data BTS.
  - b. Button Jalan Raya akan memunculkan sarana untuk pengelolaan data jalur jalan raya antar BTS yang telah ada di tabel BTS.db.
  - c. Button Proses akan menjalankan baris-baris program pemrosesan data jalan dan jalur jalan raya menggunakan komputasi Koloni Semut. Sehingga dapat dimunculkan hasil berupa jalur terpendek antar BTS. BTS yang dipilih dimunculkan dalam komponen combo box.

- d. Button Exit akan menghentikan aplikasi dan keluar ke Windows.
3. Komponen DBGrid akan menampilkan isi tabel BTS.db dan tabel jalur.db
4. Komponen TabControl, berfungsi untuk mengatur tampilan aplikasi sehingga dapat tertata rapi.

#### **4.6. Persiapan Implementasi Sistem**

Tahap implementasi merupakan suatu tahap dimana sistem dibuat dengan nyata dan siap dioperasikan pada keadaan yang sebenarnya, dari sini akan diketahui apakah sistem yang dibuat benar-benar dapat menghasilkan tujuan seperti yang diinginkan. Sebelum program diterapkan atau diimplementasikan, maka program harus bebas terlebih dahulu dari kesalahan-kesalahan. Kesalahan program yang mungkin terjadi antara lain kesalahan penulisan bahasa, kesalahan sewaktu proses / kesalahan logika. Setelah program bebas dari kesalahan, program di uji dengan memasukkan data yang diolah. Pada tahap akhir ini akan dibahas mengenai perangkat lunak yang digunakan dan masing-masing unit pemasukan data yang dirancang, yang kemudian akan disimpan dan diproses untuk menghasilkan layanan interaktif rute jalan terdekat BTS-BTS.

#### **4.7. Perangkat Keras yang Dibutuhkan**

Spesifikasi komputer yang dipakai pada penelitian ini adalah sebuah Personal Komputer (PC) dengan processor Pentium 4, memory 256 MB, harddisk 40 GB. Dilengkapi sarana multimedia sistem.

#### **4.8. Perangkat Lunak Yang Digunakan**

Perangkat lunak adalah bagian dari komputer yang berwujud software. Pembuatan suatu program dibutuhkan beberapa perangkat lunak yang saling mendukung. Perangkat lunak yang digunakan dalam membangun sistem informasi rute antar BTS adalah sebagai berikut :

#### 4.9. Sistem Operasi Windows XP

Dalam pembuatan aplikasi jalur terdekat antar BTS digunakan sistem operasi Windows XP. Windows XP merupakan suatu system, operasi ini mudah dipergunakan (*User Friendly*) dan banyak penggunanya. Sistem operasi Windows XP mendukung pemrograman Borland Delphi.

#### 4.10. Paradox dan Borland Database Engine

Fungsi Paradox dan Borland Database Engine dalam pembuatan website ini adalah sebagai pengolah database dan sebagai penyimpan data. Data yang disimpan adalah data jarak antar simpang dan data BTS-BTS dalam tabel Jarak dan Tabel BTS sebagaimana telah didefinisikan dalam perancangan sistem.

#### 4.11. Borland Delphi 7.0

Fungsi Borland Delphi dalam implementasi ini adalah sebagai program aplikasi professional untuk mengedit antarmuka secara visual dan mengelola *form dan units*. Delphi juga berkemampuan untuk penyisipan sintaks-sintaks pascal yang akan menghitung jalur terdekat antar BTS.

#### 4.12. Tahapan Implementasi Sistem

Tahapan pembuatan system meliputi pembuatan database, pembuatan aplikasi-aplikasi, yaitu melakukan koding program menggunakan development tool yang ada dan kemudian dilanjutkan dengan uji coba.

##### 4.12.1. Perancangan Basis Data

###### Tabel Antena BTS

**Tabel 4.2** Tabel Antena BTS.dbf

<b>Nama Data</b>	<b>Tipe Data</b>	<b>Panjang</b>	<b>Constrain</b>	<b>Keterangan</b>
Id_Antena BTS	<i>Number</i>	2	<i>Primary Key</i>	Id tempat Antena BTS



Nama Antena	<i>String</i>	50	<i>Not null</i>	Nama tempat Antena BTS
KoordX	<i>Number</i>	2		Koordinat X
KoordY	<i>Number</i>	2		Koordinat Y
Keterangan	<i>Memo</i>			Keterangan tentang BTS

### 4.13. Perancangan Antarmuka

#### 4.13.1. Form Utama

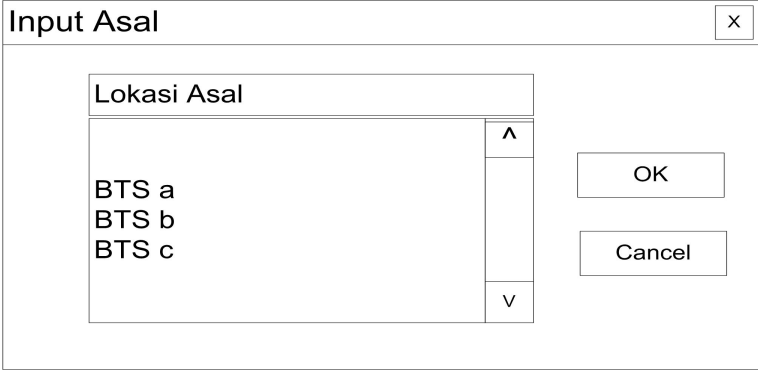
The image shows a software window titled "Pencarian Jalur Terpendek Antena BTS". At the top right of the window are three small icons: a minus sign, a square, and an 'x'. Below the title bar, there is a horizontal row of four buttons: "Input", "Pencarian", "Proses", and "Keluar". The main area of the window is a large rectangle containing the text "Peta awal" centered within it.

**Gambar 4.7.** Rancangan Form Utama

Gambar 4.7 menggambarkan perancangan form utama yang merupakan tampilan utama pencarian jalur terpendek menggunakan algoritma koloni semut. Menu utama terdiri dari menu Inputan, Pencarian, Proses, dan Keluar. Form ini menampilkan *theme* Kota, *theme* Antena BTS, dan *theme* Jalan.

Menu inputan digunakan untuk memasukkan simpang asal dan simpang tujuan yang berasal dari simpang tempat Antena BTS yang dipilih. Menu pencarian digunakan untuk mencari data Antena BTS dan data jalan. Menu proses digunakan untuk memulai proses pencarian rute terpendek dengan algoritma koloni semut. Menu keluar digunakan untuk keluar dari system.

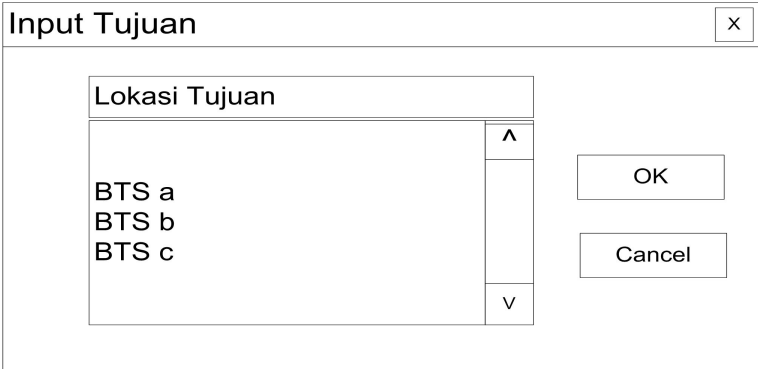
#### 4.13.2. Form Masukan Asal



**Gambar 4.8.** Rancangan Form Masukan Asal

Form masukan asal (gambar 4.8) merupakan proses untuk menentukan lokasi Antena BTS yang akan digunakan sebagai simpang awal. Data nama Antena BTS telah ditentukan dalam bentuk list, sehingga pengguna cukup memilih lokasi asal Antena BTS dan sistem akan menentukan lokasi simpang yang dimaksud.

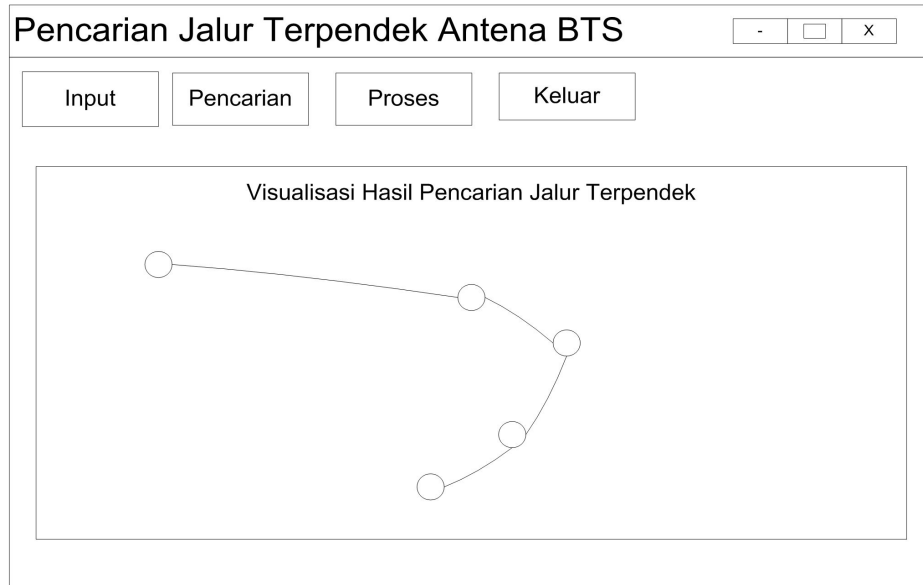
#### 4.13.3. Form Masukan Tujuan



**Gambar 4.9.** Rancangan Form Tujuan

Form masukan tujuan (gambar 4.9) merupakan proses untuk menentukan lokasi Antena BTS yang akan digunakan sebagai simpang akhir. Data nama Antena BTS telah ditentukan dalam bentuk list, sehingga pengguna cukup memilih lokasi tujuan Antena BTS dan sistem akan menentukan lokasi simpang yang dimaksud.

#### 4.13.4. Form Hasil 1

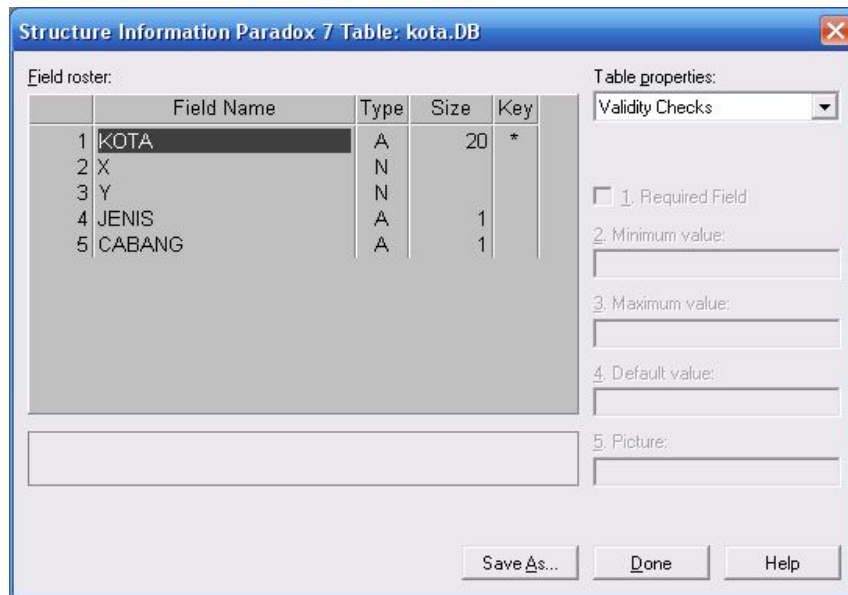


**Gambar 4.10.** Rancangan Form Hasil

Form hasil 1 (gambar 4.10) merupakan form yang digunakan untuk menampilkan hasil proses. Setelah pengguna memasukkan lokasi asal dan lokasi tujuan kemudian klik buttn proses maka form hasil 1 ini akan memunculkan visualisasi hasil pencarian jalur terpendek.

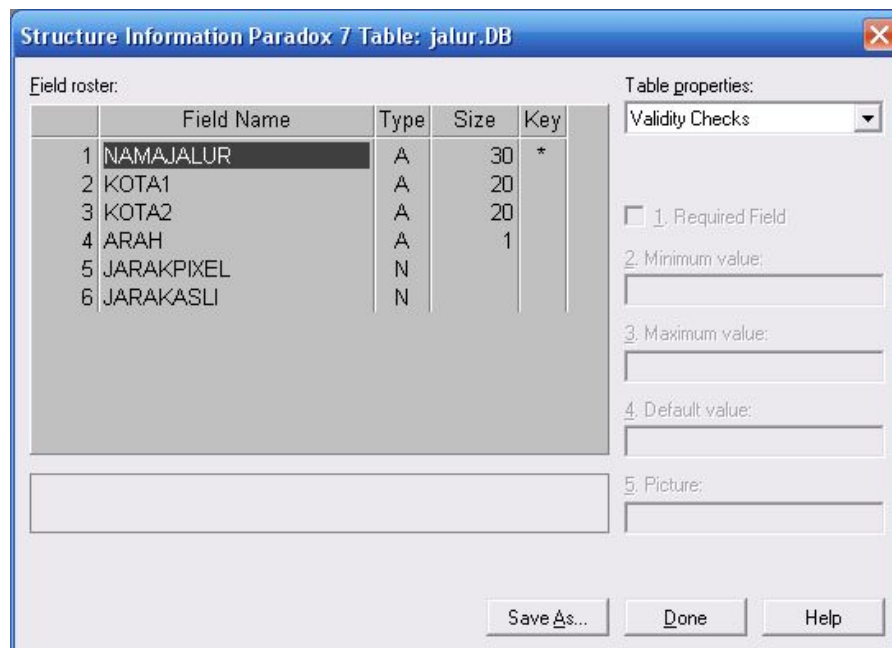
#### 4.14. Pembuatan Database

Pembuatan database dilakukan dengan menggunakan program bantu database desktop yang tersedia dalam paket distribusi Borland Delphi 7.0. Database yang terbentuk diberi nama alias **AntColony** dan disimpan di folder aplikasi. Folder ini memiliki kumpulan file tabel yang dibuat setelah database terbentuk dan file-file index.



**Gambar 4.11.** Pembuatan Tabel BTS

Tabel BTS dipakai untuk menyimpan data BTS, koordinat BTS dalam komponen image peta. Field jenis menyimpan data jenis jalan raya apakah satu arah atau dua arah. Sedangkan field cabang dipakai untuk mencatat apakah pada BTS tersebut ada cabang/agen penjualan susu SGM. Tabel BTS disimpan dengan nama file BTS.db.

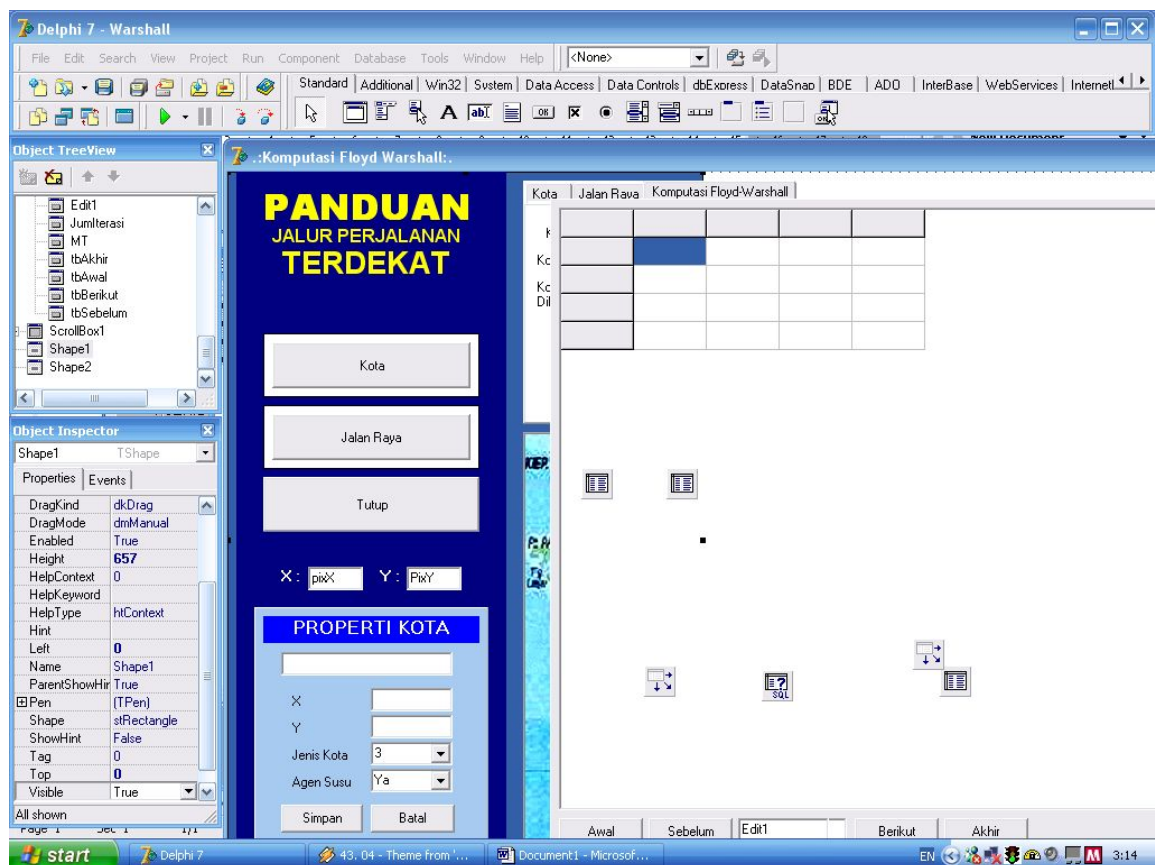


**Gambar 4.12.** Pembuatan Tabel Jalur

Tabel jalur dipakai untuk menyimpan data jalur, BTS1 dan BTS 2 dimana BTS 1 adalah posisi titik ujung awal jalur jalan dan BTS 2 menempati posisi titik ujung yang lain dari jalur jalan raya. Jalur jalan raya dibentuk diatas komponen image peta. Tabel jalur disimpan dengan nama file jalur.db.

#### 4.15. Desain dan Pemrograman Aplikasi Jarak Terdekat

Aplikasi untuk user merupakan sarana untuk mengakses sistem informasi rute perjalanan antar BTS. User pada sistem akan meminta layanan jarak terdekat untuk dua BTS. Dengan demikian diperlukan sarana yang cukup lengkap serta validasi yang baik di sisi user tersebut. Aplikasi di sisi user dibangun dengan pemrograman object Pascal menggunakan Development Tool Broland Delphi 7.0



Gambar 4.13. Pemrograman Aplikasi dengan Delphi

Database berupa tabel BTS.db dan jarak.db diakses menggunakan komponen Ttable. Kedua komponen ini akan mengelola tabel berdasarkan input data dari user maupun dari proses komputasi koloni semut.

Jumlah form yang dibutuhkan ada 1 buah yaitu form utama. Pada form utama diletakkan komponen-komponen visual utama yaitu :

5. Komponen Timage : untuk menampilkan gambar peta dalam format file bitmap .BMP. Format file bitmap memungkinkan untuk diolah dan ditambah dengan data gambar BTS maupun jalur jalan raya.
6. Komponen Tbutton untuk melakukan eksekusi baris program tertentu.
- e. Button BTS memunculkan sarana untuk penambahan data BTS, editing data BTS maupun penghapusan data BTS.
- f. Button Jalan Raya akan memunculkan sarana untuk pengelolaan data jalur jalan raya antar BTS yang telah ada di tabel BTS.db.
- g. Button Proses akan menjalankan baris-baris program pemrosesan data jalan dan jalur jalan raya menggunakan komputasi Koloni Semut. Sehingga dapat dimunculkan hasil berupa jalur terpendek antar BTS. BTS yang dipilih dimunculkan dalam komponen combo box.
- h. Button Exit akan menghentikan aplikasi dan keluar ke Windows.
- i. Komponen DBGrid akan menampilkan isi tabel BTS.db dan tabel jalur.db
- j. Komponen TabControl, berfungsi untuk mengatur tampilan aplikasi sehingga dapat tertata rapi.

#### **4.16. Uji Coba**

Setelah program selesai dibangun maka dilanjutkan dengan uji coba di Aplikasi Delphi. Proses uji dilakukan dalam komputer prototype. Dari hasil uji coba diperoleh kesimpulan bahwa proses penyampaian informasi rute perjalanan terdekat antar BTS telah berjalan dengan semestinya.

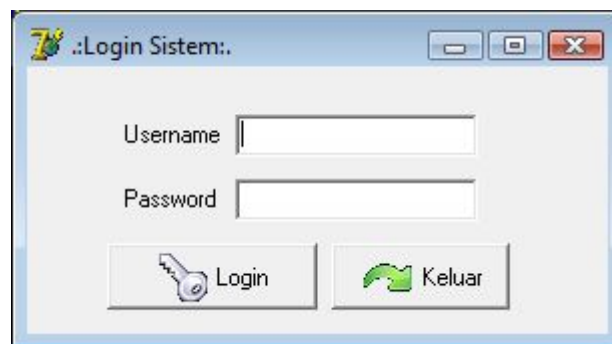
## 4.17. Hasil Implementasi Pemrograman

### 4.17.1. Halaman Loading



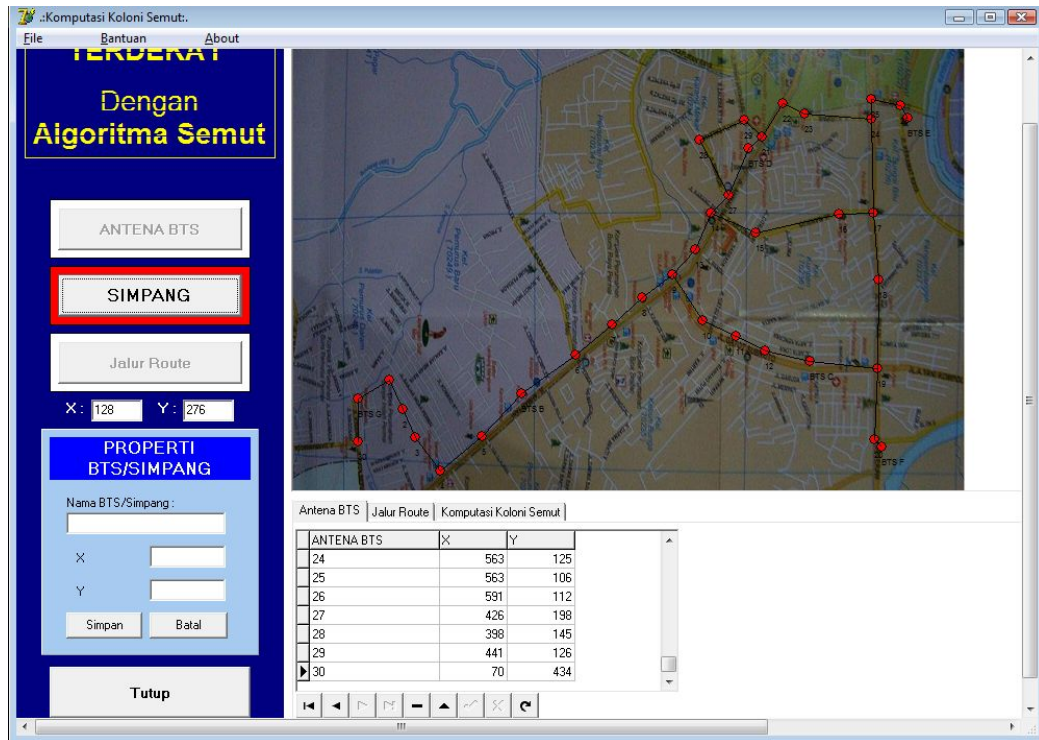
Gambar 4.14. Gambar Halaman Loading

### 4.17.2. Halaman Login



Gambar 4.15. Gambar Halaman Login

### 4.17.3. Entry Data Simpang Jalan

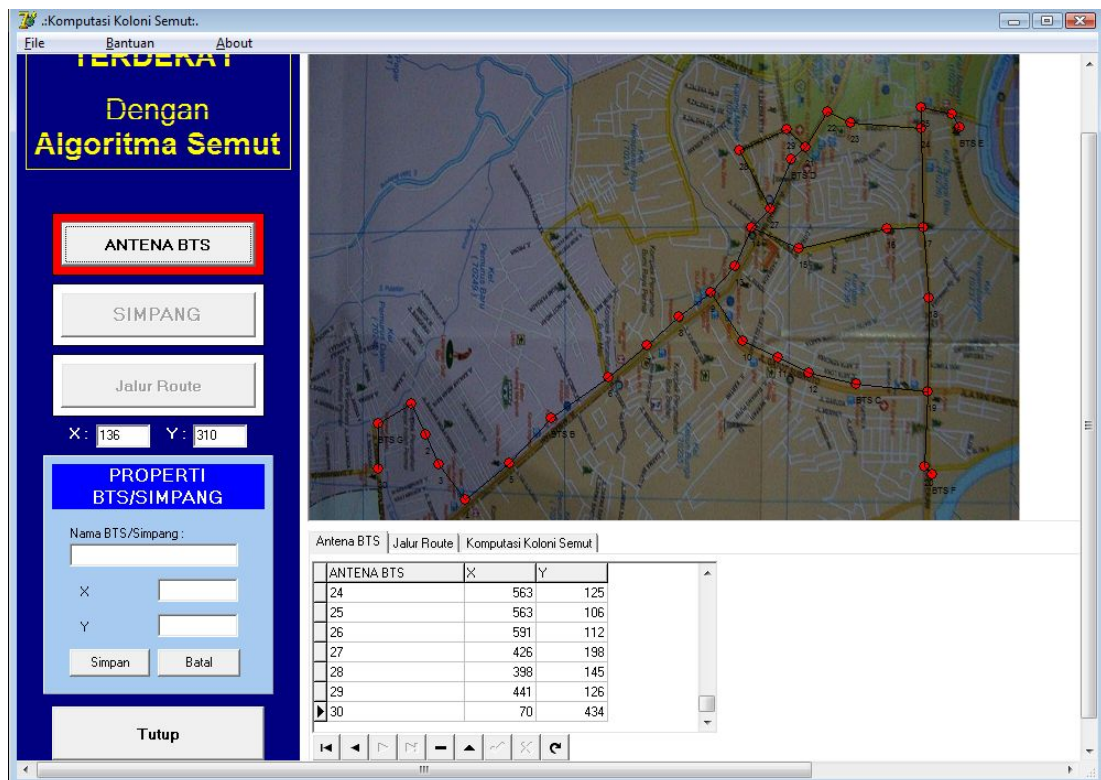


**Gambar 4.16.** Input Data Simpang

### 4.17.4. Entry Data BTS

Form diawah ini berfungsi untuk memasukkan data BTS-BTS. Caranya adalah dengan mengklik button BTS hingga button BTS berlatar belakang warna merah. Kemudian menggunakan kursor mouse, klik posisi yang tepat di peta yang ada pada komponen image pada BTS tertentu. Jika peta telah di-klik maka pengguna dapat memasukkan nama BTS pada bagian properti BTS.



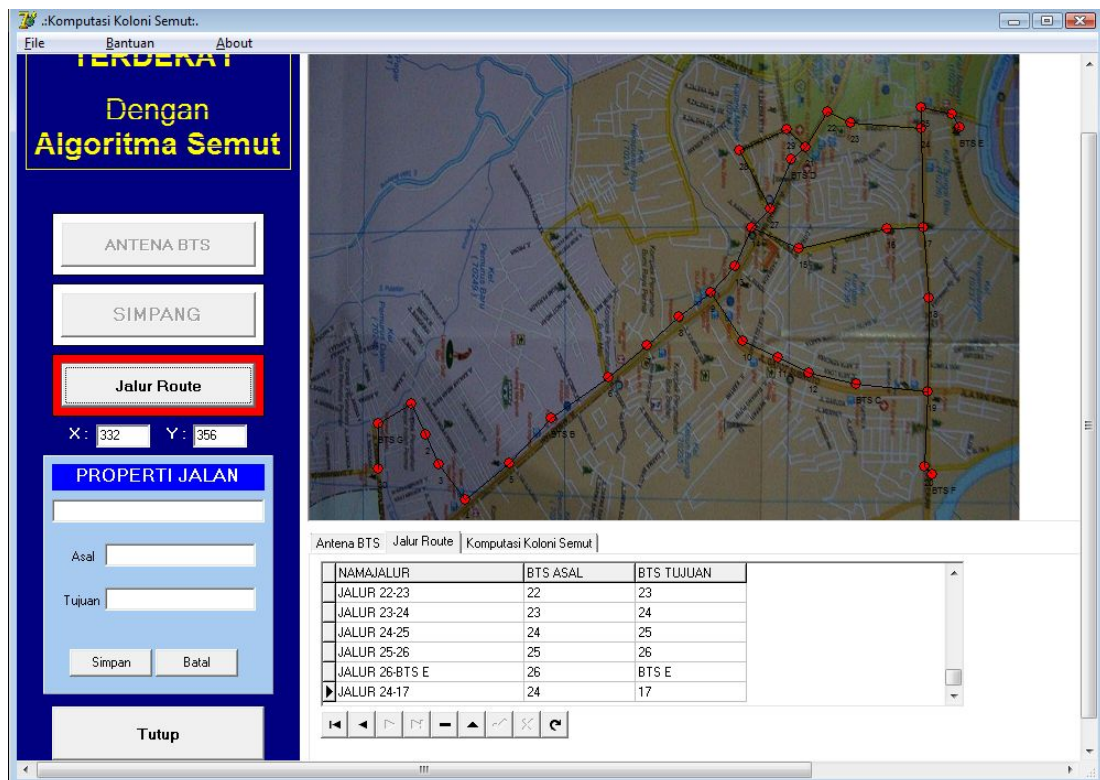


**Gambar 4.17.** Input Data BTS

Koordinat BTS pada isian properti BTS otomatis akan terisi. Jika pada properti BTS diklik tombol simpan, maka data BTS tersebut akan tersimpan ke database. Gambar BTS tersebut akan muncul pada peta. Gambar BTS ditandai dengan warna merah dan disertai dengan teks nama BTSnya.

#### 4.18. Entry Data Ruas Jalan

Form diawah ini berfungsi untuk memasukkan data ruas-ruas jalan raya yang menghubungkan antar BTS satu dengan BTS yang lain.



**Gambar 4.18.** Input Data Jalur Rute BTS

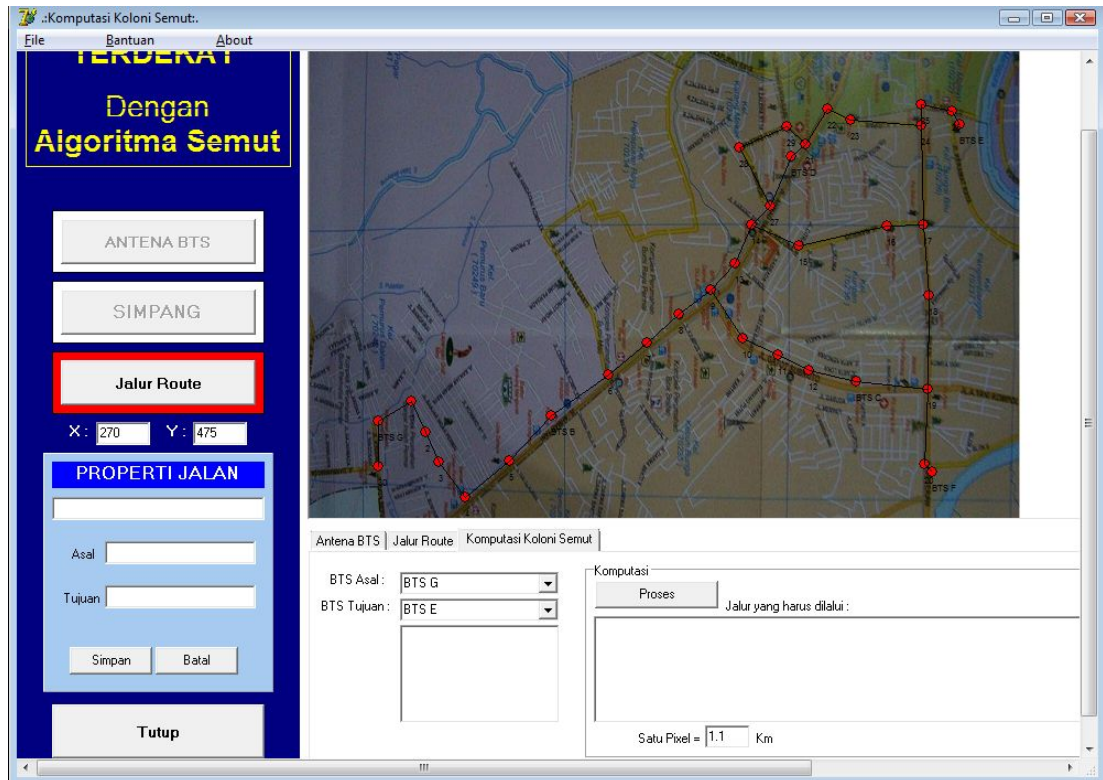
Cara mengelola data ruas jalan adalah dengan mengklik button Jalan Raya hingga button jalan raya berlatar belakang warna merah. Kemudian menggunakan cursor mouse, klik posisi simpang 1 sebagai simpang awal ruas jalan dan simpang 2 sebagai simpang akhir ruas jalan. Jika simpang 2 telah telah di-klik maka pengguna dapat memasukkan nama jalur jalan raya pada bagian properti jalan raya. Secara default program akan memberikan nama awal bagi setiap jalur jalan raya dengan nama kedua simpang yang dihubungkan oleh ruas jalan tersebut.

Jika jalur jalan raya tersebut dua arah maka jalur jalan raya akan berwarna kuning. Jika bertipe satu arah amaka akan berwarna hijau.

#### 4.19. Komputasi Koloni Semut

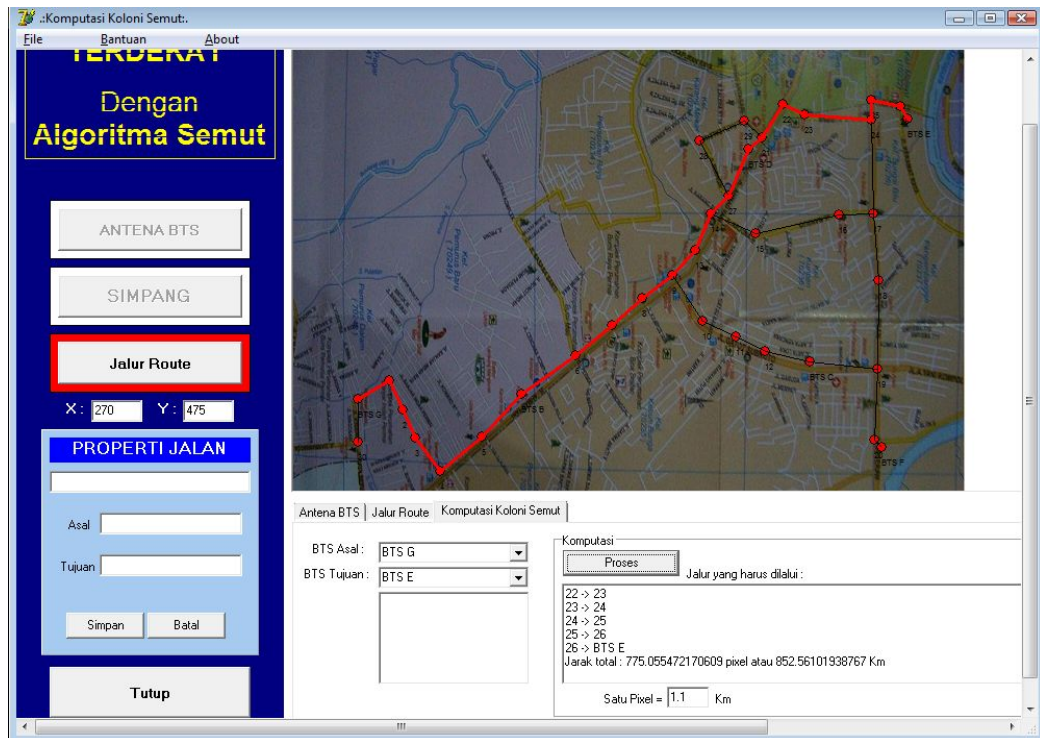
Perhitungan jalur terpendek dapat dilakukan dengan mengklik tab Komputasi Koloni Semut. Pengguna harus mengisikan BTS asal dan BTS tujuan dalam combo box. Isian BTS yang dilewati dapat ditentukan jika ada BTS tertentu

yang dikehendaki untuk dilewati. Tetapi isian ini hanya bersifat rekomendasi, dan tidak berpengaruh pada komputasi koloni semut.



**Gambar 4.19.** Input BTS yang Hendak Dicari Rute Terdekatnya

Proses perhitungan jalur terpendek dilakukan dengan mengklik tombol proses. Setelah komputasi dilakukan maka akan muncul jalur terpendek antar BTS pada bagian hasil. Pada bagian peta jalur terpendek yang dapat ditempuh ditandai dengan garis berwarna merah tebal.



**Gambar 4.20.** Hasil Komputasi Koloni Semut dan Peta Jalur Terpendek

## BAB V PEMBAHASAN

Pada perhitungan algoritma semut, ada semut-semut yang tidak mencapai node tujuan, ini dikarenakan node terakhir dalam tabu list semut yang bersangkutan tidak terdapat busur yang menghubungkan dengan node lainnya sehingga semut tersebut tidak dapat melanjutkan perjalanannya atau semut mengalami stagnasi. Hal lainnya yang perlu disampaikan adalah setelah semut mencapai node tujuan maka perjalanan semut tersebut dihentikan, jadi semut-semut yang di dalam tabu list-nya sudah terdapat node tujuan akan menghentikan perjalanannya.

Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan dapat ditentukan rute transmisi antar BTS terbaik pada masing-masing jaringan. Penentuan kebijakan dilakukan dengan membandingkan nilai panjang rute pada setiap alternatif rute yang dapat ditempuh.

Hasil tersebut diperoleh melalui perhitungan menggunakan algoritma semut dengan beberapa tahapan. Tahap awal, dimulai dengan inisialisasi harga parameter terlebih dahulu. Parameter-parameter ini mempunyai pengaruh terhadap perhitungan probabilitas node yang akan dikunjungi dan dalam tahap ini pula dilakukan inisialisasi node pertama setiap semut. Langkah selanjutnya adalah pengisian node pertama ke dalam *tabu list*. *Tabu list* ini berfungsi untuk menyimpan node yang pernah dikunjungi agar tidak dikunjungi oleh semut itu lagi. Kemudian dilakukan penyusunan rute kunjungan setiap semut ke semua node yang ada. Kemungkinan suatu node dipilih sebagai node tujuan ditentukan berdasarkan harga probabilitasnya. Setelah semua semut selesai melakukan perjalanannya kemudian dihitung panjang rute setiap semut tersebut, dicari rute terpendek, dan dihitung perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar node karena adanya penguapan terhadap jejak-jejak kaki yang pernah ditinggalkan oleh setiap semut. Dari semua lintasan atau node yang dijadikan jalur perjalanan setiap semut, mempunyai kemungkinan untuk dilewati semut-semut pada siklus

berikutnya sehingga perlu dilakukan perhitungan harga intensitas jejak kaki semut antar node untuk siklus berikutnya dan harga ini direset kembali agar berharga nol. Apabila belum tercapai jumlah siklus maksimum, maka dapat diulang lagi mulai dari pengisian node pertama ke dalam *tabu list* dengan parameter intensitas jejak kaki semut antar node yang sudah diperbaharui. Proses ini berlangsung sampai perjalanan mencapai jumlah maksimum ( $NC_{max}$ ) atau semua semut membuat pola perjalanan yang sama.

**Tabel 4.3.** Hasil Pengolahan Data

<b>No</b>	<b>Alternatif</b>	<b>Rute</b>	<b>Panjang Rute</b>
1	BTS SENTRAL ke BTS HRE	BTS SENTRAL, 24, 25, 36, 20, 21, BTS HRE	220,12 meter
2	BTS SENTRAL ke BTS FRAE	BTS SENTRAL, 23, 22 , 14 , 2 , 1 , BTS FRAE	256,1 meter
3	BTS SENTRAL ke BTS FRAK	BTS SENTRAL. 23, 22, 14, 15, 16, BTS FRAK	181,97 meter
4	BTS SENTRAL ke BTS FRAE	BTS SENTRAL, 23, 22 , 14 , 2 , 1, BTS FRAE	311,44 meter

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

1. Dari seluruh proses penelitian mulai analisa masalah, perancangan sistem, perancangan database yang dilakukan dan implementasi hasil perancangan kedalam baris-baris program komputer, dapat disimpulkan sebagai berikut:
  - a. Untuk rute jaringan terbaik dari BTS Sentral menuju BTS HRE. Dengan rute terbaik di bawah ini :

Rute terbaik pada siklus ke 5 oleh semut ke-12 dengan rute jaringan : BTS SENTRAL, 24, 25, 36, 20, 21, BTS HRE dengan panjang rute 220,12 meter.
  - b. Untuk rute jaringan terbaik dari BTS Sentral menuju BTS FRAE dengan rute terbaik di bawah ini :

Rute terbaik pada siklus ke 12 oleh semut ke-19 dengan rute jaringan : BTS SENTRAL, 23, 22 , 14 , 2 , 1 , BTS FRAE dengan panjang rute 256,1 meter.
  - c. Untuk rute jaringan terbaik dari BTS Sentral menuju BTS FRAK dengan rute terbaik di bawah ini :

Rute terbaik pada siklus ke 7 oleh semut ke-4 dengan rute jaringan : BTS SENTRAL. 23, 22, 14, 15, 16, BTS FRAK dengan panjang rute 181,97 meter.
  - d. Untuk rute jaringan terbaik dari BTS Sentral menuju BTS FRAE dengan rute terbaik di bawah ini :

Rute terbaik pada siklus ke 7 oleh semut ke-4 dengan rute jaringan : BTS SENTRAL, 23, 22, 14, 2, 1, BTS FRAE dengan panjang rute 311,44 meter.

#### **6.2 Saran**

Saran yang dikemukakan sebagai penelitian lanjutan dari penelitian ini, untuk pengembangan aplikasi algoritma semut adalah :

1. Dalam penelitian ini tidak dipertimbangkan biaya operasional. Untuk penelitian berikutnya biaya operasional dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam penentuan jalur terbaik BTS OAN tersebut.
2. Sebaiknya untuk kasus dengan jaringan yang lebih luas dan kompleks dilakukan penelitian secara berkelompok dengan metode pemecahan masalah yang berbeda satu dengan yang lainnya. Hal ini untuk mempermudah pengambilan data saat melakukan survey langsung di lapangan.

## **DAFTAR PUSTAKA**



Dorigo, M., Vittorio, M., dan Alberto, C. (1996). the ant system: optimization by a colony of cooperating agents, *IEEE transactions on systems, man and cybernetics-part B*, vol 26, No.1.

Hillier, F. S. and Lieberman, G. J., (1990). “*Introduction To Operations Research, Fifth Edition*”. McGraw-Hill, Inc.

Holldobler, B, dan E. O. Wilson, (1990). *The ants*, springer-verlag, Berlin.

[Http/www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), (2007). algoritma semut.

[Http/www.chietzwordpress.com](http://www.chietzwordpress.com), (2007). *algoritma semut dunia dimataku*.

Ibnu Sina Wardi, (2007)., Penggunaan graf dalam algoritma semut untuk melakukan optimisasi. Program Studi Teknik Informatika, ITB, Bandung.

Irawanto, *et al.* (2004)., “*Program Linier*”. Semarang : Laboratorium Matematika Terapan Jurusan Matematika FMIPA Universitas Diponegoro.

ling, M, *et al.* (2007)., “PEMANFAATAN METODE HEURISTIK DALAM PENCARIAN JALUR TERPENDEK DENGAN ALGORITMA SEMUT DAN ALGORITMA GENETIKA”.

Kurniawan, Yahya., (2002). *Aplikasi Web Database dengan PHP dan MySQL*, Jakarta.

Knowledge, TELKOM., (2010). “OAN TRAINING DOCUMENT”.

Muharromah F. (2008)., “Penerapan Algoritma Semut Untuk Pemecahan Masalah Spanning Tree pada kasus pemasangan Jaringan Kabel Telepon”*Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*.

- Martina, Ing., (2001). *Borland Delphi 5.0* Penerbit Elex Media Komputindo, Jakarta.
- McLeod, Raymond., (2001). *Sistem Informasi Manajemen*, Jakarta.
- Nur Rasyid Abdul., (2009).” Pengantar Analisis Teknologi Access Fiber Optic untuk media Telekomunikasi”. ”. <http://www.mandorkawat.co.id> (diakses pada tanggal 29 Oktober 2009).
- Purnomo,H., Zuhri, Z., (2002). Studi komparasi penerapan *Cellular manufacturing* antara algoritma heuristic dan algoritma semut, *Prosiding Seminar Nasional TIMP*.
- Purnomo,H., Zuhri, Z., (2002). Optimasi pembentukan sel manufaktur berbasis TSP dengan algoritma semut. *Prosiding Seminar Nasional Pengukuran Kinerja dan Perencanaan Strategi, Jurusan Teknik Manajemen Industri*. pp195-206.
- Qur'an Karim dan Terjemahan Artinya (1999). UII Press. Yogyakarta.
- Santosa, Insap., (2001). *Struktur Data dengan Turbo Pascal*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Septiana, *et al.*, (2008). “Analisa Lokasi Pembangunan BTS PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk di Wilayah Kota Semarang dengan Metode Branch and Bound”.
- Tjutju Tarlih Dimiyati dan Akhmad Dimiyati (1992). *operations research: model-model pengambilan keputusan*. CV. Sinar BaruOffset, Bandung.
- Waljiyanto., (2000). *Sistem Basis Data*, J& J Learning, Yogyakarta.

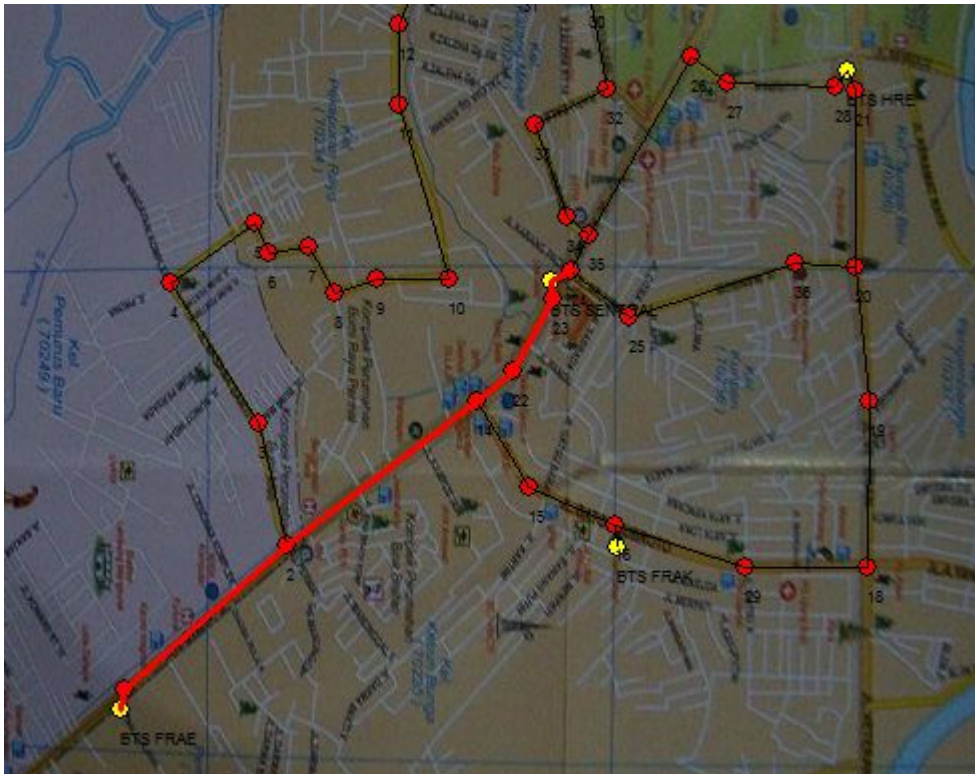
Zulhedi., (2008). “*Keterjangkauan Perkembangan Teknologi Telekomunikasi di Indonesia untuk Masyarakat*”. <http://www.telkom.co.id> (diakses pada tanggal 10 Mei 2008).

Lampiran 1.

1. Detail proses koloni semut

-----  
Lokasi BTS Asal : BTS SENTRAL

Lokasi BTS Tujuan: BTS FRAE



Jumlah siklus : 10

Jumlah semut : 10

Nilai Q : 50

Nilai Alfa : 1

Nilai Beta : 5

Nilai rho : 0.5

Nilai t : 0.1

-----  
Masuk Siklus ke 1

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

-----  
Masuk Siklus ke 2  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-5 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2  
1 BTS FRAE dengan jarak : 873.89297989759

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

-----  
Masuk Siklus ke 3  
-----

Lintasan semut ke-1 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2  
14 22 23 dengan jarak : 939.135369310491

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

-----  
Masuk Siklus ke 4  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 21 BTS HRE 28 27 26 dengan jarak : 1276.38263053051  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
**Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671**  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

-----  
Masuk Siklus ke 5  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-6 : 24 35 26 27 28 BTS HRE 21 20 19 18 29 16 BTS FRAK  
dengan jarak : 609.616898950009  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

-----  
Masuk Siklus ke 6

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

-----  
Masuk Siklus ke 7

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-6 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131

Lintasan semut ke-7 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131

Lintasan semut ke-8 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

-----  
Masuk Siklus ke 8  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32  
33 34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

-----  
Masuk Siklus ke 9  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-7 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2  
1 BTS FRAE dengan jarak : 873.89297989759

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-10 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131

-----  
Masuk Siklus ke 10  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677



Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-3 : 24 25 36 20 21 BTS HRE 28 27 26 35 34 33 32 30 31 BTS  
FRG 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 1295.71738456549  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-6 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

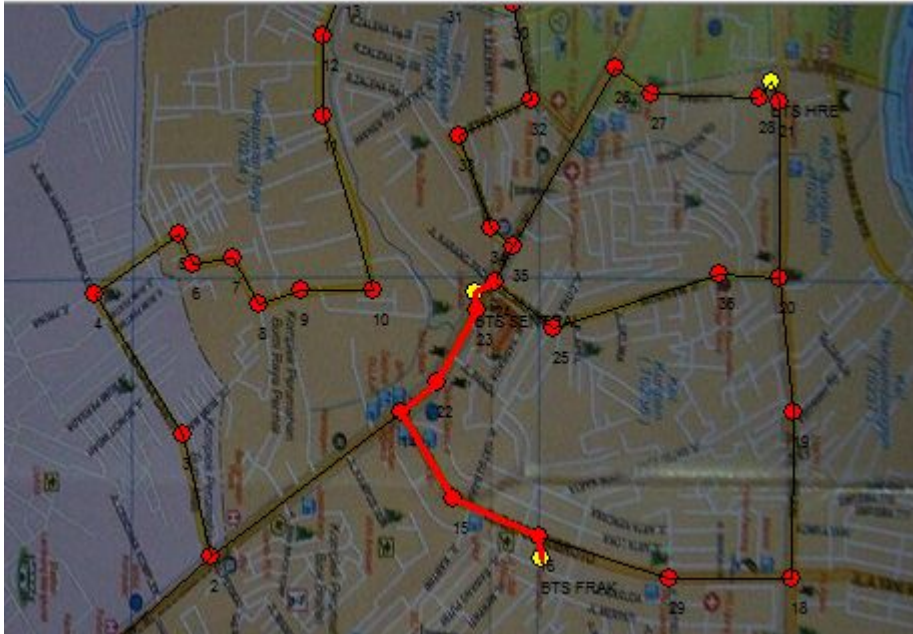
-----  
isi tabu list siklus total

tabu dalam Semut ke 1 melalui : 27 26 19 7 6 2 27 26 19 7 6 2 dengan jarak  
181.97403094677  
tabu dalam Semut ke 2 melalui : 27 26 19 7 6 2 27 26 19 7 6 2 dengan jarak  
181.97403094677  
tabu dalam Semut ke 3 melalui : 27 26 19 7 6 2 27 26 19 7 6 2 dengan jarak  
1295.71738456549  
tabu dalam Semut ke 4 melalui : 27 26 19 7 6 2 27 26 19 7 6 2 dengan jarak  
311.442555023671  
tabu dalam Semut ke 5 melalui : 27 26 19 7 6 2 27 26 19 7 6 2 dengan jarak  
181.97403094677  
tabu dalam Semut ke 6 melalui : 27 26 19 7 6 2 27 26 19 7 6 2 dengan jarak  
456.265788086131  
tabu dalam Semut ke 7 melalui : 27 26 19 7 6 2 27 26 19 7 6 2 dengan jarak  
311.442555023671  
tabu dalam Semut ke 8 melalui : 27 26 19 7 6 2 27 26 19 7 6 2 dengan jarak  
181.97403094677  
tabu dalam Semut ke 9 melalui : 27 26 19 7 6 2 27 26 19 7 6 2 dengan jarak  
181.97403094677  
tabu dalam Semut ke 10 melalui : 27 26 19 7 6 2 27 26 19 20 21 3 dengan jarak  
1641.14121058091

## 2. Detail proses koloni semut

-----  
Lokasi BTS Asal : BTS SENTRAL

Lokasi BTS Tujuan: BTS FRAK



Jumlah siklus : 10

Jumlah semut : 10

Nilai Q : 50

Nilai Alfa : 1

Nilai Beta : 5

Nilai rho : 0.5

Nilai t : 0.1

## Detail proses koloni semut

-----  
Lokasi BTS Asal : BTS SENTRAL

Lokasi BTS Tujuan: BTS FRAK

Jumlah siklus : 10

Jumlah semut : 10

Nilai Q : 50

Nilai Alfa : 1

Nilai Beta : 5

Nilai rho : 0.5

Nilai t : 1

Nilai tij awal: 1

-----  
Masuk Siklus ke 1  
-----

Lintasan semut ke-1 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2  
1 BTS FRAE dengan jarak : 873.89297989759

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-3 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2  
1 BTS FRAE dengan jarak : 873.89297989759

Lintasan semut ke-4 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671  
-----

Masuk Siklus ke 2  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671  
-----

Masuk Siklus ke 3  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-2 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 21 BTS HRE 28 27 26 dengan jarak : 1276.38263053051  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
**Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677**  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

-----  
Masuk Siklus ke 4  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-6 : 24 35 26 27 28 BTS HRE 21 20 36 25 dengan jarak :  
436.240457103747  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

-----  
Masuk Siklus ke 5  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-7 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

-----  
Masuk Siklus ke 6  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-8 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

-----  
Masuk Siklus ke 7  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

-----  
Masuk Siklus ke 8  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-7 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-9 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2  
14 15 16 BTS FRAK dengan jarak : 982.827475935787  
Lintasan semut ke-10 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131

-----  
Masuk Siklus ke 9  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-4 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2  
1 BTS FRAE dengan jarak : 873.89297989759  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-9 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

-----  
Masuk Siklus ke 10  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

-----  
isi tabu list siklus total

tabu dalam Semut ke 1 melalui : 27 26 19 20 21 3 27 26 19 20 21 3 dengan jarak  
311.442555023671  
tabu dalam Semut ke 2 melalui : 27 26 19 20 21 3 27 26 19 20 21 3 dengan jarak  
1382.09586275976  
tabu dalam Semut ke 3 melalui : 27 26 19 20 21 3 27 26 19 20 21 3 dengan jarak  
311.442555023671  
tabu dalam Semut ke 4 melalui : 27 26 19 20 21 3 27 26 19 20 21 3 dengan jarak  
181.97403094677  
tabu dalam Semut ke 5 melalui : 27 26 19 20 21 3 27 26 19 20 21 3 dengan jarak  
181.97403094677  
tabu dalam Semut ke 6 melalui : 27 26 19 20 21 3 27 26 19 20 21 3 dengan jarak  
181.97403094677  
tabu dalam Semut ke 7 melalui : 27 26 19 20 21 3 27 26 19 20 21 3 dengan jarak  
311.442555023671  
tabu dalam Semut ke 8 melalui : 27 26 19 20 21 3 27 26 19 20 21 3 dengan jarak  
181.97403094677  
tabu dalam Semut ke 9 melalui : 27 26 19 20 21 3 27 26 19 20 21 3 dengan jarak  
311.442555023671

tabu dalam Semut ke 10 melalui : 27 26 19 20 21 3 27 26 19 20 21 3 dengan jarak 1623.50958565359

Semut terbaik perjalanannya melalui : 23 22 14 15 16 23 22 14 15 16 dengan jarak 181.97403094677

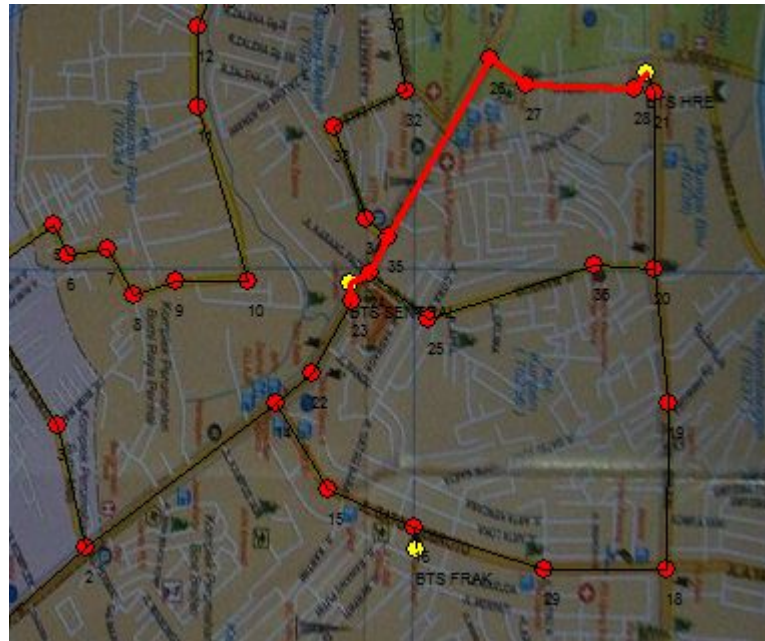
----- perhitungan selesai -----



### 3. Detail proses koloni semut

-----  
Lokasi BTS Asal : BTS SENTRAL

Lokasi BTS Tujuan: BTS HRE



Jumlah siklus : 10

Jumlah semut : 10

Nilai Q : 50

Nilai Alfa : 1

Nilai Beta : 5

Nilai rho : 0.5

Nilai t : 1

-----  
Masuk Siklus ke 1

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-4 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-6 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131  
Lintasan semut ke-7 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2  
1 BTS FRAE dengan jarak : 873.89297989759  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

-----  
Masuk Siklus ke 2

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-10 : 24 35 26 27 28 BTS HRE dengan jarak :  
220.122379836615

-----  
Masuk Siklus ke 3

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

-----  
Masuk Siklus ke 4  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-5 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2  
14 22 23 dengan jarak : 939.135369310491  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-10 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131

-----  
Masuk Siklus ke 5  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-3 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2  
14 22 23 dengan jarak : 939.135369310491  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

-----  
Masuk Siklus ke 6

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-8 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-10 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3  
2 1 BTS FRAE dengan jarak : 873.89297989759

-----  
Masuk Siklus ke 7

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

Masuk Siklus ke 8

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 21 BTS HRE dengan jarak : 1190.14200287491  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

-----  
Masuk Siklus ke 9

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-3 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2  
1 BTS FRAE dengan jarak : 873.89297989759  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32  
33 34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976

-----  
Masuk Siklus ke 10

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG 31 30 32 33  
34 35 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 1382.09586275976  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

-----  
isi tabu list siklus total

tabu dalam Semut ke 1 melalui : 28 39 30 31 32 4 dengan jarak  
311.442555023671

tabu dalam Semut ke 2 melalui : 28 39 30 31 32 4 dengan jarak  
181.97403094677

tabu dalam Semut ke 3 melalui : dengan jarak 311.442555023671

tabu dalam Semut ke 4 melalui : dengan jarak 1382.09586275976

tabu dalam Semut ke 5 melalui : dengan jarak 181.97403094677

tabu dalam Semut ke 6 melalui : dengan jarak 181.97403094677

tabu dalam Semut ke 7 melalui : 27 26 19 7 8 9 10 11 12 13 dengan jarak  
181.97403094677

tabu dalam Semut ke 8 melalui : 27 26 19 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 5 35  
34 36 37 38 39 28 29 40 24 25 4 27 26 19 20 21 3 dengan jarak  
311.442555023671

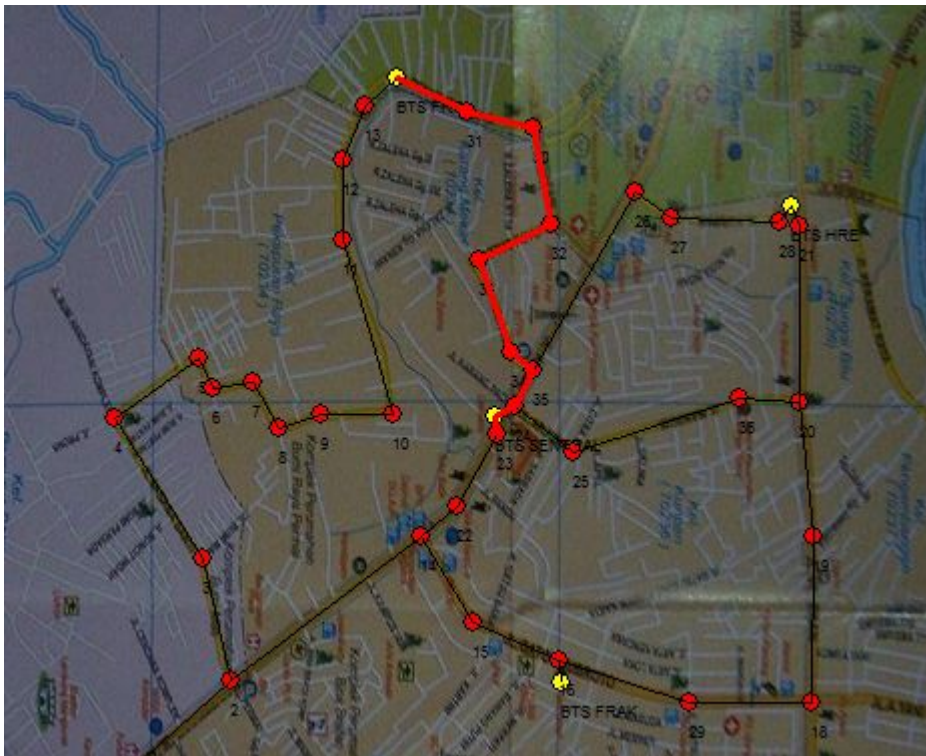
tabu dalam Semut ke 9 melalui : 27 26 19 20 21 3 dengan jarak  
181.97403094677

tabu dalam Semut ke 10 melalui : dengan jarak 181.97403094677

#### 4. Detail proses koloni semut

-----  
Lokasi BTS Asal : BTS SENTRAL

Lokasi BTS Tujuan: BTS FRG



Jumlah siklus : 10

Jumlah semut : 10

Nilai Q : 50

Nilai Alfa : 1

Nilai Beta : 5

Nilai rho : 0.5

Nilai t : 0.1

-----  
Masuk Siklus ke 1

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-5 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG dengan jarak :  
256.172496728775  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854  
Lintasan semut ke-10 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG dengan jarak :  
256.172496728775

---

### Masuk Siklus ke 2

---

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854  
Lintasan semut ke-4 : 24 25 36 20 21 BTS HRE 28 27 26 35 34 33 32 30 31 BTS  
FRG dengan jarak : 677.99690139667  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-6 : 24 35 26 27 28 BTS HRE 21 20 36 25 dengan jarak :  
436.240457103747  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

---

### Masuk Siklus ke 3

---

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854  
Lintasan semut ke-3 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG dengan jarak :  
256.172496728775  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677



Lintasan semut ke-6 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG dengan jarak :  
256.172496728775

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-9 : 24 35 26 27 28 BTS HRE 21 20 36 25 dengan jarak :  
436.240457103747

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

-----  
Masuk Siklus ke 4

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

-----  
Masuk Siklus ke 5

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-10 : 24 35 26 27 28 BTS HRE 21 20 36 25 dengan jarak :  
436.240457103747

-----  
Masuk Siklus ke 6  
-----

Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854  
Lintasan semut ke-6 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG dengan jarak :  
256.172496728775  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-10 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131

-----  
Masuk Siklus ke 7  
-----

Lintasan semut ke-1 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131  
Lintasan semut ke-2 : 24 35 34 33 32 30 31 BTS FRG dengan jarak :  
256.172496728775  
Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677  
Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854  
Lintasan semut ke-5 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak :  
456.265788086131  
Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854  
Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854  
Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854  
Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

-----  
Masuk Siklus ke 8

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

-----  
Masuk Siklus ke 9

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-2 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan  
jarak : 692.018257719854

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak : 311.442555023671

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak :  
181.97403094677

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 2 1 BTS FRAE dengan jarak :  
311.442555023671

-----  
Masuk Siklus ke 10

-----  
Lintasan semut ke-1 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan jarak : 692.018257719854

Lintasan semut ke-2 : 24 25 36 20 19 18 29 16 BTS FRAK dengan jarak : 456.265788086131

Lintasan semut ke-3 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak : 181.97403094677

Lintasan semut ke-4 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak : 181.97403094677

Lintasan semut ke-5 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan jarak : 692.018257719854

Lintasan semut ke-6 : 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 BTS FRG dengan jarak : 692.018257719854

Lintasan semut ke-7 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak : 181.97403094677

Lintasan semut ke-8 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak : 181.97403094677

Lintasan semut ke-9 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak : 181.97403094677

Lintasan semut ke-10 : 23 22 14 15 16 BTS FRAK dengan jarak : 181.97403094677

-----  
isi tabu list siklus total

tabu dalam Semut ke 1 melalui : 28 39 38 37 36 34 35 5 28 29 40 24 25 4 32 31 30 39 dengan jarak 692.018257719854

tabu dalam Semut ke 2 melalui : 28 29 40 24 25 4 32 31 30 39 38 37 36 34 35 5 28 39 38 37 36 34 35 5 dengan jarak 456.265788086131

tabu dalam Semut ke 3 melalui : 28 39 38 37 36 34 35 5 27 26 19 7 8 9 10 11 12 13 dengan jarak 181.97403094677

tabu dalam Semut ke 4 melalui : 27 26 19 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 5 27 26 19 7 8 9 10 11 12 13 dengan jarak 181.97403094677

tabu dalam Semut ke 5 melalui : 27 26 19 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 5 28 39 38 37 36 34 35 5 dengan jarak 692.018257719854

tabu dalam Semut ke 6 melalui : 28 39 38 37 36 34 35 5 28 39 38 37 36 34 35 5 dengan jarak 692.018257719854

tabu dalam Semut ke 7 melalui : 28 39 38 37 36 34 35 5 27 26 19 7 8 9 10 11 12 13 dengan jarak 181.97403094677

tabu dalam Semut ke 8 melalui : 27 26 19 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 5 27 26 19 7 8 9 10 11 12 13 dengan jarak 181.97403094677

tabu dalam Semut ke 9 melalui : 27 26 19 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 5 27 26 19 7 8 9 10 11 12 13 dengan jarak 181.97403094677

tabu dalam Semut ke 10 melalui : 27 26 19 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 5 28 29 40 24 23 22 33 21 3 dengan jarak 1174.70373543323

Semut terbaik perjalanannya melalui : 24 35 34 33 32 30 31 23 22 14 2 3 4 5 6 7 8 dengan jarak 181.97403094677

----- perhitungan selesai -----an selesai -----