



TUGAS AKHIR - SM141501

**OPTIMASI PENEMPATAN LOKASI *BASED*
TRANSCIEVER STATION (BTS)
MENGUNAKAN *FLOWER POLLINATION*
*ALGORITHM***

**LAILATUR ROSYIDAH
NRP 1213 100 031**

**Dosen Pembimbing
Dr. Budi Setiyono, S.Si, M.T
Drs. Suhud Wahyudi, M.Si**

**DEPARTEMEN MATEMATIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - SM141501

**OPTIMIZATION SITE LOCATIONS OF BASED
TRANSCIEVER STATION (BTS) USING
FLOWER POLLINATION ALGORITHM**

**LAILATUR ROSYIDAH
NRP 1213 100 031**

**Supervisor
Dr. Budi Setiyono, S.Si, M.T
Drs. Suhud Wahyudi, M.Si**

**DEPARTMENT OF MATHEMATICS
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMASI PENEMPATAN LOKASI
BASED TRANSCEIVER STATION (BTS)
MENGUNAKAN
FLOWER POLLINATION ALGORITHM**

**OPTIMIZATION SITE LOCATIONS
OF BASED TRANSCEIVER STATION (BTS) USING
FLOWER POLLINATION ALGORITHM**

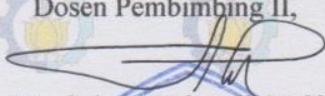
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada Bidang Studi Ilmu Komputer
Program Studi S-1 Departemen Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

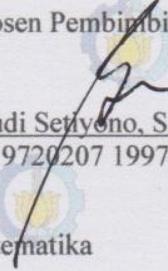
Oleh :
LAILATUR ROSYIDAH
NRP. 1213 100 031

Menyetujui,

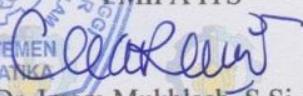
Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I,


Drs. Suhud Wahyudi, M.Si
NIP : 19600109 198701 1 001


Dr. Budi Setyono, S.Si, M.T
NIP : 19720207 199702 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Matematika
EMIPA ITS


Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT
NIP. 19700831 199403 1 003

Surabaya, Agustus 2017

OPTIMASI PENEMPATAN LOKASI BASED TRANSCEIVER STATION (BTS) MENGGUNAKAN FLOWER POLLINATION ALGORITHM

Nama Mahasiswa : Lailatur Rosyidah
NRP : 1213 100 031
Departemen : Matematika
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Budi Setiyono, S.Si, M.T
2. Drs. Suhud Wahyudi, M.Si

ABSTRAK

Peningkatan jumlah pengguna sistem komunikasi seluler mengharuskan para penyedia layanan untuk memperluas jaringan demi kenyamanan konsumen. Salah satu komponen jaringan yang mendukung sistem komunikasi pemancar dan penerima sinyal adalah *Based Transceiver Station* (BTS). BTS mempunyai cakupan area tertentu yang dibatasi oleh suatu frekuensi tertentu. Pembangunan BTS bukanlah suatu hal yang mudah dan murah. Selain itu, penempatan BTS pun tidak bisa dilakukan secara sembarangan karena kondisi geografis serta estetika tata wilayah kota. Pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan optimasi penentuan lokasi BTS menggunakan *Flower Pollination Algorithm* (FPA). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa FPA berhasil diterapkan untuk menentukan lokasi optimum BTS. Selain itu, hasil optimasi yang dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar jumlah iterasi yang dilakukan belum tentu semakin baik pula nilai optimasi yang diperoleh.

Kata Kunci : Sistem Komunikasi Seluler, *Based Transceiver Station*, *Flower Pollination Algorithm*

**OPTIMIZATION SITE LOCATIONS OF BASED
TRANSCEIVER STATION (BTS) USING FLOWER
POLLINATION ALGORITHM**

Name of Student : Lailatur Rosyidah
NRP : 1213 100 031
Departement : Mathematics
Supervisor : 1. Dr. Budi Setiyono, S.Si, M.T
2. Drs. Suhud Wahyudi, M.Si

ABSTRACT

Increasing of the users significant number cause the provider expand the network communication. One of the network component that supports transmitter and signal receiver communication system is Based Transceiver Station (BTS). BTS has a certain area that is limited by a certain frequency. The construction of BTS is not cheap and affordable. Otherwise, BTS placement can not be done arbitrarily because of the geography condition and city space management. This Final Project will discuss about optimizing the determination of BTS location using Flower Pollination Algorithm (FPA). The result shows that FPA can be used for determining the optimal BTS location. Besides, the result of the optimization that we have done shows if the number of iteration gets higher, it doesn't mean that the optimization value also gets better.

Keywords: *Cellular Communication System, Based Transceiver Station, Flower Pollination Algorithm*

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT, karena dengan ridlo-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

“OPTIMASI PENEMPATAN LOKASI BASED TRANSCEIVER STATION (BTS) MENGGUNAKAN FLOWER POLLINATION ALGORITHM”

yang merupakan salah satu persyaratan akademis dalam menyelesaikan Program Sarjana Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik berkat kerja sama, bantuan, dan dukungan dari banyak pihak. Sehubungan dengan hal tersebut, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT selaku Ketua Departemen Matematika ITS.
2. Drs. Wahyu Fistia Doctorina selaku Dosen Wali.
3. Dr. Budi Setiyono, S.Si, MT dan Drs. Suhud Wahyudi, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah mengantarkan penulis sampai Ujian Tugas Akhir dengan lancar
4. Dr. Didik Khusnul Arif, S.Si, M.Si selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Matematika ITS.
5. Drs. Iis Herisman, M.Si selaku Sekretaris Program Studi S1 Jurusan Matematika ITS yang senantiasa memberi kesempatan untuk dapat mengumpulkan draf Tugas Akhir dan segala keperluannya.
6. Seluruh jajaran dosen dan staf Jurusan Matematika ITS yang telah membantu dan memberikan ilmu kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan

kritik dan saran dari pembaca. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

Surabaya, Agustus 2017

Penulis

Special Thanks to

Selama pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis ingin memberikan ucapan terima kasih secara khusus kepada :

1. Allah swt. yang telah menunjukkan kekuasaan, keberkahan serta keajaiban-Nya yang tiada terhingga kepada penulis.
2. Nabi Muhammad saw. yang melalui sholawat kepada beliau-lah percikan-percikan semangat dan motivasi kian tumbuh.
3. Ayah Ngataji, Ibu Titik Kusdarwati, serta keluarga besar Mbah Suwati atas doa, harapan serta tirakat-nya selama ini termasuk teror dan desakan untuk segera wisuda.
4. Adik Moch. Kharis Ardiansyah yang diam-diam telah menjadi motivasi bagi penulis untuk sama-sama menyelesaikan masa studi yang tidak mudah ini.
5. Rekan sekamar, Mbak Ain, Mbak Alfi serta Yuana yang telah menjadi saksi hidup pengerjaan Tugas Akhir penulis serta menjadi penghibur dan pemberi motivasi di kala gundah.
6. Kawan satu dosen pembimbing, Niken, Mus, dan Mas Habib, terima kasih atas desakan-desakan mesranya. Semoga ada yang hatinya segera luluh ya.
7. Sukri, Hidayat, dan Mas Shahab yang berpengaruh penting terhadap jiwa dan ruh Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Matematika ITS 2013, LAMBDA, PAPSI 2016 yang senantiasa mendukung, membantu dan menghibur.
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulisan Tugas Akhir ini.
Semoga Allah senantiasa memberikan berkah dan balasan yang terbaik untuk kita semua. *Aamiin.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Sistem Komunikasi Seluler	6
2.3 <i>Mobile Station</i>	7
2.4 <i>Based Station Subsystem (BSS)</i>	7
2.5 GSM	8
2.6 Konsep Seluler	9
2.7 <i>Flower Pollination Algorithm</i>	11
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Tahapan Penelitian	15
3.2 Diagram Alir Penelitian	16
BAB IV PERANCANGAN OPTIMASI LOKASI BTS MENGUNAKAN <i>FLOWER POLLINATION ALGORITHM</i>	19
4.1 Perancangan Algoritma	19
4.2 Perancangan Plotting Titik	27

BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	31
5.1 Ruang Lingkup Implementasi.....	31
5.2 Implementasi Tampilan Antarmuka	32
5.3 Implementasi Algoritma	32
5.4 Hasil Pengujian.....	36
BAB VI PENUTUP	39
6.1 Kesimpulan.....	39
6.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN	43
BIODATA PENULIS.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 4.1	Lokasi sebelum dioptimasi.....	28
Gambar 4.2	Lokasi setelah dioptimasi.....	28
Gambar 5.1	Tampilan awal system.....	32
Gambar 5.3	Input untuk 50 iterasi	36
Gambar 5.4	Plotting titik untuk 50 iterasi.....	36
Gambar 5.5	Input untuk 100 iterasi	37
Gambar 5.6	Plotting titik untuk 100 iterasi.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Inisialisasi titik mobile station	23
Tabel 4.2 Inisialisasi titik BTS pada populasi ke-1	23
Tabel 4.3 Perhitungan fungsi optimasi	24
Tabel 4.4 Inisialisasi titik BTS pada populasi ke-2	24
Tabel 4.5 Inisialisasi titik BTS pada populasi ke-3	24
Tabel 4.6 Hasil perhitungan nilai minimum setiap populasi	25
Tabel 4.7 Nilai random pada populasi ke-1	25
Tabel 4.8 Hasil perhitungan titik pada populasi ke-1	26
Tabel 4.9 Perbandingan hasil nilai minimum dari setiap populasi	26
Tabel 4.10 Titik-titik hasil optimasi pada populasi ke-3	27

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah pengguna ponsel di Indonesia meningkat cukup signifikan. Pada tahun 2015, data yang didapat dari US Census Bureau menyatakan bahwa pengguna ponsel di Indonesia telah melebihi 281 juta orang. Padahal jumlah penduduk Indonesia per awal tahun 2014 baru mencapai 251 juta jiwa. Sementara itu, dari data yang sama diketahui bahwa pengguna ponsel tersebut juga pengguna aktif internet [1]. Sebanyak 83,7 juta orang di Indonesia pada tahun 2014 merupakan pengguna internet menurut lembaga riset pasar e-marketer. Angka tersebut menempatkan Indonesia pada peringkat ke-6 terbesar di dunia dalam hal jumlah pengguna internet [2]. Sedangkan pada tahun 2016, menurut survei yang dilakukan oleh Asosiasi Penyelenggara Jaringan Internet Indonesia (APJII) diketahui bahwa 132,7 juta orang di Indonesia telah terhubung ke internet. Hal ini berarti lebih dari setengah penduduk Indonesia kini menggunakan internet dimana total penduduk Indonesia adalah 256,2 juta orang [3]. E-Marketer juga memperkirakan bahwa pada tahun 2018, sebanyak 3,6 milyar penduduk dunia akan mengakses internet setidaknya satu kali setiap bulan.

Peningkatan jumlah pengguna jasa telekomunikasi yang cukup signifikan tersebut mengharuskan para penyedia layanan untuk memperluas jaringan demi kenyamanan konsumen. Perluasan jaringan setiap penyedia layanan telekomunikasi juga tidak serta-merta dapat direalisasikan dengan mudah karena dibutuhkan pembangunan infrastruktur yang mendukung. Salah satu komponen jaringan yang mendukung sistem komunikasi pemancar dan penerima sinyal dinamakan Based Transceiver Station (BTS).

BTS mempunyai cakupan area tertentu yang dibatasi oleh frekuensi tertentu. Pembangunan BTS bukanlah suatu hal yang mudah dan murah. Selain itu, penempatan BTS pun tidak bisa

dilakukan secara sembarangan karena kondisi geografis serta estetika tata wilayah kota.

Oleh karena itu, dalam penelitian Tugas Akhir ini dilakukan optimasi penentuan lokasi BTS menggunakan Flower Pollination Algorithm (FPA). Beberapa penelitian terkait yaitu penelitian yang dilakukan oleh Xin-She Yang dkk pada tahun 2013 dengan judul “Multi-Objective Flower Algorithm for Optimization” yang membahas tentang masalah optimasi multi-objective dalam bidang teknik . Xin-She Yang dkk berhasil menerapkan algoritma ini untuk optimasi single-objective untuk menyelesaikan permasalahan multi-objective [4]. Selain itu, pada tahun 2016, Sinan Melih Nigdeli dkk melakukan penelitian dengan judul “Application of The Flower Pollination Algorithm in Structural Engineering” yang membahas mengenai penerapan FPA pada masalah teknik structural. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode FPA menghasilkan hasil yang optimum jika dibandingkan dengan metode yang lain [5]. Pada tahun yang sama, Ravneet Kaur dkk melakukan penelitian dengan judul “An Approach for Selecting Optimum Number of Base Stations and Optimizing Site Locations using Flower Pollination Algorithm” dengan bahasan tentang pemilihan jumlah optimum dan optimasi lokasi BTS menggunakan FPA. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa FPA memberikan hasil yang hampir optimal pada jaringan komunikasi wireless [6].

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari Tugas Akhir ini yaitu bagaimana mengimplementasikan *Flower Pollination Algorithm* untuk menentukan penempatan lokasi optimum BTS?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, dibuat beberapa batasan masalah agar lebih terfokus, diantaranya :

1. Penentuan lokasi optimum BTS didasarkan pada bidang planar.

2. Setiap BTS mempunyai cakupan area yang sama
3. Optimasi BTS dilakukan untuk satu jenis provider layanan telekomunikasi.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini yaitu untuk menentukan penempatan lokasi optimum BTS menggunakan *Flower Pollination Algorithm*

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari Tugas Akhir ini yakni sebagai acuan untuk melakukan penelitian selanjutnya, sebagai pertimbangan dalam memilih metode optimasi serta sistem yang dibangun mampu menentukan lokasi optimum BTS. Penentuan lokasi optimum BTS yang dilakukan oleh sistem ini mampu meminimalisir biaya pembangunan BTS dengan cakupan area yang optimal sehingga dapat dijadikan sebagai referensi bagi pihak penyedia layanan telekomunikasi dalam perencanaan pembangunan jaringan.

1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Sistematika dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang gambaran umum dari penulisan Tugas Akhir yang meliputi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang materi pendukung Tugas Akhir diantaranya penelitian terdahulu, sistem komunikasi seluler, *Mobile Station*, *Based Station Subsystem (BSS)*, GSM, konsep seluler dan *Flower Pollination Algorithm*.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai alur serta tahap-tahap metode *Flower Pollination Algorithm* dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.

4. BAB IV PERANCANGAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan mengenai rincian tahapan dari setiap proses termasuk *user interface* dan cara kerja sistem.

5. BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini menunjukkan hasil pengujian sistem disertai dengan pembahasan terkait.

6. BAB VI PENUTUP

Bab ini memberikan kesimpulan dari penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya

BAB II` TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai dasar teori yang berkaitan diantaranya sistem komunikasi seluler, *Mobile Sistem, Based Station Subsystem*, GSM, konsep seluler serta *Flower Pollination Algorithm*.

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada tahun 2013 telah dilakukan suatu penelitian oleh Xin-She Yang dkk yang ditulis dengan judul “Multi-Objective Flower Algorithm for Optimization”. Penelitian tersebut menggunakan flower algorithm untuk menyelesaikan masalah optimasi multi-objective pada teknik. Metode yang digunakan adalah metode penjumlahan bobot dengan bobot acak. Xin-She Yang dkk berhasil mengembangkan flower algorithm optimasi single-objective untuk menyelesaikan permasalahan optimasi multi-objective. Percobaan numerik dan design benchmarks menunjukkan bahwa multi-objective flower algorithm adalah sangat efisien dengan nilai mendekati bentuk konvergensi eksponensial. Penelitian ini didasarkan pada perbandingan flower algorithm dengan algoritma lain untuk menyelesaikan masalah optimasi multi-objective [4].

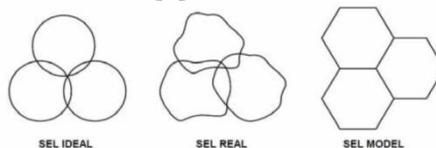
Selanjutnya pada tahun 2016, penelitian yang dilakukan oleh Sinan Melih Nigdeli dkk dengan judul “Application of The Flower Pollination Algorithm in Structural Engineering” menjelaskan bahwa pada desain sistem struktural, nilai optimum dari desain variabel tidak bisa diturunkan secara analitik. Permasalahan teknik struktural mempunyai batas desain yang bermacam-macam mengenai ukuran keamanan struktural dan kepraktisan pada produksi. Dengan demikian, optimasi menjadi suatu hal yang sangat penting dari proses desain. Pada penelitian ini, juga menunjukkan bahwa flower pollination algoritma yang efektif dan cocok untuk menyelesaikan permasalahan teknik [5].

Pada tahun yang sama, Ravneet Kaur dan Ashwani Kumar melakukan penelitian dengan judul “An Approach for Selecting Optimum Number of Base Stations and Optimizing Site Locations using Flower Pollination Algorithm”. Penelitian ini dimaksudkan untuk menunjukkan pemeriksaan pada sekumpulan pusat teknik optimasi untuk menempatkan BTS pada jaringan. Hasil menunjukkan bahwa pendekatan menggunakan flower pollination adalah efektif dan kuat untuk masalah efisiensi pada lokasi base transceiver station dan diperhitungkan untuk memberi solusi yang hampir optimal pada jaringan komunikasi wireless [6].

Setelah mengetahui penelitian-penelitian yang sudah dilakukan, hal tersebut dapat membantu penulis untuk memperoleh beberapa teori dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

2.2 Sistem Komunikasi Seluler

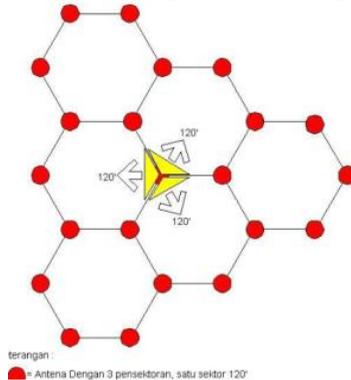
Sistem komunikasi seluler merupakan suatu sistem komunikasi jarak jauh tanpa menggunakan kabel. Sistem ini semakin diperlukan sejak pengguna komunikasi seluler memiliki mobilitas yang tinggi dan membutuhkan alat telekomunikasi yang siap digunakan kapanpun dan dimanapun. Bentuk jaringan dari sistem ini berkaitan dengan luas daerah pelayanan yang dimodelkan dalam bentuk hexagonal karena bentuk ini merupakan bentuk yang paling optimal [7]. Bentuk hexagonal menyebabkan susunan sel menjadi beraturan dan simetris seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 [8].



Gambar 2.1 Bentuk Pemodelan Sel

Sebuah sel hexagonal dapat dibentuk dengan menggunakan enam buah transceiver yang menggunakan antena dengan enam penyektoran dimana setiap sektor akan membentuk daerah

pancaran sebesar 120° dapat dilihat pada Gambar 2.2. Selain itu, hexagonal dibentuk oleh 6 buah segitiga sama sisi sehingga jarak sisi-sisinya akan sama panjang dengan jarak jari-jarinya. Hal ini dapat menghindari masalah blank spot dan overlap coverage. [9]



Gambar 2.2 Daerah pancaran sinyal

2.3 *Mobile Station*

Mobile Station (MS) merupakan perangkat radio yang dapat berkomunikasi dengan jaringan GSM. MS terdiri dari Mobile Equipment (ME) dan Subscriber Identity Module (SIM). SIM merepresentasikan identitas pelanggan terhadap jaringan sehingga ME hanya dapat melakukan emergency calls jika tanpa adanya SIM. ME teridentifikasi oleh IMEI (International Mobile Equipment Identity) tertentu sedangkan SIM card dilindungi oleh suatu mekanisme Personal Identity Number (PIN) yang dimiliki setiap user [8]. MS membantu jaringan dalam mengukur kualitas sinyal radio untuk menentukan handover [10].

2.4 *Based Station Subsystem (BSS)*

BSS merupakan komponen jaringan sistem GSM yang menyediakan jalur koneksi antara MS dengan MSC (Mobile Service Switching Centre). Secara umum, BSS terdiri dari dua komponen utama yaitu :

- a. Base Station Controller (BSC)

b. Base Transceiver Station (BTS)

BSC merupakan penghubung antara BTS dengan MSC, dimana satu BSC dapat terhubung dengan beberapa BTS. BSC digunakan untuk mengontrol BTS yang ada dibawahnya serta sebagai manajemen BSS. BSC menangani radio-channel setup, frequency hopping, handover dari BTS ke BTS (kecuali pada inter-MSC-handover dimana pengontrolan berada pada tanggung jawab MSC) [10].

Fungsi penting BSC yakni sebagai konsentrator dimana berbagai koneksi berkecepatan rendah yang terhubung ke BTS akan berkurang sampai sejumlah kecil koneksi yang menuju MSC. BSC menyediakan informasi yang dibutuhkan untuk Network Management Subsystem (NMS). BSC juga menyimpan database untuk semua tempat, termasuk informasi seperti frekuensi pembawa, daftar frekuensi hopping, level pengurangan daya, dan penerimaan sinyal untuk perhitungan batas sel. Data ini diperoleh langsung dari bagian perencanaan radio yang menyertakan pemodelan dari propagasi sinyal begitu pun dengan proyeksi traffic [10].

BTS merupakan perangkat GSM yang terhubung langsung dengan MS melalui air interface atau disebut juga Um interface. BTS berfungsi sebagai komponen pengirim dan penerima (transceiver) sinyal komunikasi dari atau ke MS. Sebuah BTS dapat melakukan coverage area sejauh 35 km. Area cakupan ini dinamakan dengan sel dimana setiap sel dapat dibentuk oleh sebuah BTS atau lebih bergantung pada bentuk sel [9].

Fungsi dasar BTS adalah sebagai Radio Resource Management yaitu melakukan fungsi-fungsi yang terkait dengan mengontrol power yang ditransmisikan ke MS dan turut serta mengontrol proses handover [9].

2.5 GSM

Global System for Mobile Communication (GSM) adalah sebuah standar global untuk komunikasi bergerak digital. Pada tahun 1982, negara-negara Eropa membentuk sebuah organisasi

dengan nama Group Speciale Mobile (GSM). Organisasi ini dibentuk untuk menentukan standardisasi telekomunikasi yang dapat digunakan di semua Negara Eropa yang beroperasi pada daerah frekuensi 900 – 1800 MHz. [9]

GSM merupakan teknologi infrastruktur untuk pelayanan telepon seluler digital yang bekerja berdasarkan TDMA (Time Division Multiple Access) dan FDMA (Frequency Division Multiple Access). Jaringan GSM adalah jaringan telekomunikasi seluler yang mempunyai arsitektur yang mengikuti standar ETSI GSM 900 / GSM 1800. GSM dengan frekuensi 1800 MHz dan 900 MHz adalah frekuensi yang paling banyak digunakan di dunia. GSM 900 menggunakan frekuensi uplink 890-915 MHz dan frekuensi downlink 935-960 MHz, dengan lebar kanal sebesar 200 KHz dan bandwidth 25 MHz maka akan tersedia 124 kanal [13].

Pada perkembangannya, 124 kanal tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan disebabkan semakin bertambahnya jumlah subscriber sehingga regulator GSM di Eropa menggunakan tambahan frekuensi pada range 1800 MHz. GSM 1800 menggunakan frekuensi uplink sebesar 1710-1785 MHz dan frekuensi downlink sebesar 1805-1880 MHz dengan bandwidth sebesar 75 MHz dengan lebar kanal sama seperti pada GSM 900 yaitu 200 KHz maka akan tersedia kanal sebanyak 375 kanal [9]

Perkembangan pesat GSM disebabkan oleh penggunaan sistem digital sehingga memungkinkan pengembang untuk menggunakan Very Large Scale Intergration (VLSI). Pada saat ini, GSM telah menggunakan fitur Intelligent Network untuk mengurangi dan memperkecil biaya handled terminal [11]

2.6 Konsep Seluler

Salah satu hal yang mendasari perlu adanya perkembangan sistem komunikasi seluler adalah faktor keterbatasan spectrum frekuensi dan upaya penggunaan frekuensi secara efisien. Pada sistem komunikasi seluler daerah pelayanan akan dibagi menjadi daerah-daerah yang disebut sel dimana model dari suatu sel merepresentasikan cakupan area dari suatu base station.

Pembagian ini memungkinkan menara transmitter dengan daya pancar dan ketinggian yang lebih rendah dibanding sistem komunikasi generasi sebelumnya sehingga dapat menekan biaya [8].

Pembagian area dalam kumpulan sel-sel adalah prinsip penting GSM sebagai sistem telekomunikasi selular. Setiap sel mengacu pada satu frekuensi tertentu. Pada kenyataannya jumlah frekuensi yang dialokasikan terbatas, sementara jumlah sel bisa saja berjumlah sangat banyak. Oleh karena itu, dilakukan teknik pengulangan frekuensi (*frequency re-use*) [10].

Frequency reuse adalah penggunaan ulang suatu frekuensi pada suatu sel dimana frekuensi tersebut sudah digunakan pada sel lain. Jarak antara dua sel dengan frekuensi yang sama harus diatur agar tidak terjadi interferensi. Konsep ini merupakan konsep inti dari sistem radio seluler. Pada konsep ini, pengguna di lokasi sel yang berbeda dapat menggunakan kanal frekuensi yang berbeda secara simultan diluar jangkauan interferensinya. Sistem *frequency reuse* dapat meningkatkan efisiensi spectrum namun jika sistem tidak didesain dengan teliti maka akan terjadi interferensi yang serius [8].

Interferensi yang disebabkan oleh pemakaian bersama suatu kanal disebut *cochannel interference*. Jarak minimum yang memungkinkan frekuensi yang sama dapat diulang bergantung pada banyak factor seperti jumlah sel *cochannel* dalam BTS, kontur geografis area, ketinggian antenna dan daya pancar di setiap sel. Sebelum merencanakan frekuensi, biasanya seluruh frekuensi disusun dalam suatu grup frekuensi yang disebut *cluster* [8].

Interface antara BTS dan MS secara uplink maupun downlink pada GSM diakses melalui TDMA digital. Kanal pembicaraan atau data untuk pelanggan diberikan melalui TS (*time slot*) dimana satu modul transceiver (TRX) dapat memberikan delapan kanal fisik (0 sampai 7) [8]. Pada prakteknya tidak semua kanal TDMA tersebut bisa digunakan untuk kanal pembicaraan (TCH = *Traffic Channel*). Oleh karena

itu, dalam sebuah BTS juga diperlukan SDCCH (Stand-alone Dedicated Control Channel) yang digunakan untuk call setup dan location updating serta BCCH (Broadcast Control Channel) yang merupakan kanal downlink yang memberikan informasi dari BTS ke MS mengenai jaringan, sel yang kedatangan panggilan, dan sel-sel di sekitarnya [10]

2.7 *Flower Pollination Algorithm*

Penyerbukan dapat didefinisikan sebagai perpindahan serbuk sari ke kepala putik. Perpindahan serbuk ini bisa terjadi dengan bantuan penyerbuk seperti burung, serangga, dan hewan lain. Penyerbukan terdiri dari dua macam yakni penyerbukan sendiri dan penyerbukan silang. Penyerbukan sendiri terjadi jika serbuk sari dari satu bunga jatuh pada bunga tersebut atau bunga lain pada tumbuhan yang sama. Sedangkan penyerbukan silang terjadi jika serbuk sari dari satu bunga jatuh pada kepala putih tumbuhan yang berbeda.

Flower Pollination Algorithm (FPA) adalah algoritma yang terinspirasi dari alam khususnya pada tumbuhan berbunga. Pada tahun 2012, Xin-She Yang memberikan gagasan tentang lokalisasi ini. Bunga digunakan untuk reproduksi pada spesiesnya melalui proses penyerbukan [6].

Terdapat empat kaidah dari penyerbukan yang kemudian disusun sebagai dasar dari FPA.

1. Penyerbukan silang terjadi apabila serbuk sari jatuh dari bunga yang berasal dari tanaman yang berbeda. Penyerbukan ini mengikuti aturan dari *Levy distribution* dengan melompat atau terbang dengan jarak yang jauh. Hal ini dikenal dengan proses penyerbukan global
2. Penyerbukan sendiri terjadi apabila serbuk sari yang jatuh berasal dari bunga yang sama atau bunga yang lain dari tanaman yang sama. Proses ini dinamakan penyerbukan local

3. *Flower constancy* adalah kumpulan penyerbuk dan tipe bunga. Hal ini merupakan suatu peningkatan dari proses penyerbukan bunga.
4. Penyerbukan lokal dan penyerbukan global dikontrol oleh suatu nilai antara 0 sampai 1 yang disebut *switch probability*. [6]

Pada FPA, terdapat dua langkah kunci yaitu penyerbukan global dan local. Pada penyerbukan global kaidah pertama dan ketiga digunakan bersama-sama untuk menemukan solusi pada langkah selanjutnya (x_i^{t+1}) menggunakan nilai dari langkah sebelumnya (x_i^t). Penyerbukan global diformulasikan pada persamaan (1)

$$x_i^{t+1} = x_i^t + L(x_i^t - g^*) \quad (1)$$

Subscript i menunjukkan serbuk ke- i (atau bunga) dan persamaan (1) diterapkan untuk serbuk pada bunga. g^* adalah solusi terbaik saat itu. L adalah jarak terbang yang didapat dari *Levy distribution*. Sedangkan pada penyerbukan local menggunakan kaidah ketiga tentang *flower constancy* ditunjukkan pada persamaan (2)

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \varepsilon(x_j^t - x_k^t) \quad (2)$$

dimana x_j^t dan x_k^t adalah solusi dari tanaman yang berbeda. ε adalah angka acak antara 0 dan 1. Berdasarkan keempat kaidah tersebut, *switch probability* (p) digunakan untuk memilih tipe penyerbukan yang akan mengontrol proses optimasi pada iterasi. Detail proses optimasi dapat dilihat pada algoritma berikut. [12]

```
Meminimalkan  $f(x)$ ,  $x = (x_1, x_2, \dots, x_d)$   
Inisialisasi suatu populasi dari  $n$  bunga atau serbuk  
dengan nilai acak  
Temukan solusi terbaik ( $g^*$ ) dari inisial populasi  
Definisikan switch probability ( $p$ )  
while ( $t <$  banyak iterasi)  
for  $i=1:n$  ( $n$  adalah banyak bunga atau serbuk pada  
populasi)  
if  $\text{rand} < p$   
Global pollination menggunakan persamaan (1)  
else  
Local pollination menggunakan persamaan (2)  
end if  
Evaluasi solusi baru  
Update solusi yang lebih baik pada populasi  
end for  
Tentukan solusi terbaik ( $g^*$ )  
end while
```


BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai alur serta tahap-tahap metode *Flower Pollination Algorithm* dalam proses penelitian.

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan yang digunakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yaitu :

1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan dengan menemukan referensi penunjang seperti artikel, jurnal internasional, serta buku yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan Data yakni tahap untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Data yang dimaksud diantaranya adalah data jumlah, posisi dan radius BTS. Data tersebut akan digunakan sebagai input dari system atau sebagai acuan dalam implementasi system.

3. Implementasi

Pada tahap ini penulis melakukan implementasi system sesuai dengan analisis yang telah dilakukan. Implementasi system dibuat menggunakan bahasa pemrograman Java dengan aplikasi Netbeans IDE 8.1.

Tahap-tahap yang dilakukan dalam implementasi diantaranya :

a. Memodelkan fungsi objektif

Fungsi objektif yang digunakan yaitu fungsi yang dibentuk berdasarkan posisi *mobile station* dan luas area untuk meminimalkan banyak BTS.

b. Melakukan proses inisialisasi

Proses inisialisasi yang dimaksudkan adalah inisialisasi jumlah dan lokasi *mobile station* serta BTS, jumlah populasi, jumlah iterasi, *switch probability*, luas area serta radius.

c. Menentukan solusi terbaik

Setiap populasi akan ditentukan posisi terbaiknya. Penghitungan posisi terbaik ditentukan oleh nilai pada fungsi obyektif. Semakin kecil nilai obyektif maka akan semakin optimal nilai yang dihasilkan. Posisi ini akan selalu digantikan oleh posisi terbaik pada iterasi selanjutnya.

4. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk membuktikan bahwa hasil yang diperoleh adalah hasil yang optimal. Pada tahap ini juga dilakukan pecngujian terhadap sistem untuk meminimalisir error atau *bugs*.

5. Kesimpulan dan Saran

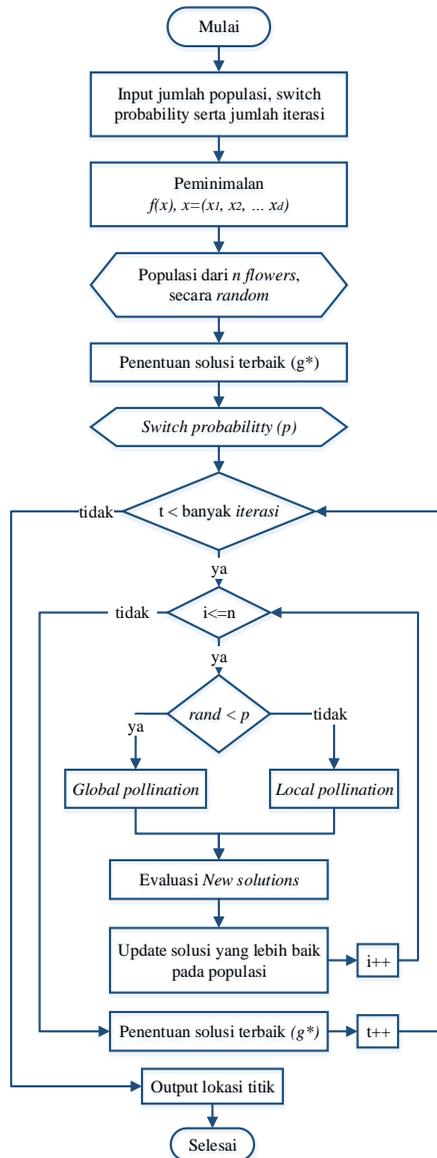
Kesimpulan dan saran diperoleh dari hasil analisis dan pembahasan pada tahap sebelumnya. Selain itu, kesimpulan dan saran ini dapat digunakan untuk pengembangan penelitian di masa yang akan datang.

6. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan proses akhir dari penulisan Tugas Akhir.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan uraian pada tahapan penelitian dibentuk suatu diagram alir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB IV

PERANCANGAN OPTIMASI LOKASI BTS MENGUNAKAN *FLOWER POLLINATION ALGORITHM*

Pada bab ini menjelaskan mengenai perancangan implementasi sebagai acuan implementasi system. Implementasi system yang dimaksud adalah proses secara rinci dari tahap awal sampai tampilan plot titik optimal menggunakan *Flower Pollination Algorithm*.

4.1 Perancangan Algoritma

Penerapan *Flower Pollination Algorithm* pada penelitian ini dijelaskan pada langkah-langkah berikut :

1. Memodelkan fungsi obyektif sedemikian hingga meminimalkan jumlah BTS
2. Inisialisasi lokasi mobile station serta banyak BTS, banyak populasi, banyak iterasi, switch probability, luas area serta radius
3. Menentukan solusi terbaik dari setiap populasi
4. Membandingkan nilai random dengan switch probability
5. Jika nilai random kurang dari switch probability maka akan dilakukan local pollination. Jika tidak maka akan dilakukan global pollination
6. Melakukan update solusi terbaik
7. Mengulangi langkah 4-6 sejumlah banyaknya populasi
8. Melakukan iterasi selanjutnya dengan mengulangi langkah 4-7 sejumlah banyak iterasi
9. Menentukan solusi terbaik

Berdasarkan langkah-langkah tersebut akan dilakukan perhitungan sebagai berikut :

1. Proses memodelkan fungsi obyektif sedemikian hingga meminimalkan banyaknya BTS. Fungsi ini digunakan untuk menentukan posisi titik yang mengembalikan nilai minimal. Fungsi optimasi yang digunakan dibentuk

berdasarkan suatu kondisi dimana setiap mobile station yang tersebar di suatu area harus tercover oleh BTS. Jika jarak antara mobile station dan BTS terdekat kurang dari radius BTS maka mobile station akan tercover. Jika mobile station tidak memenuhi kondisi tersebut maka mobile station tidak tercover oleh BTS. Selain itu, jumlah BTS yang terpasang juga mempengaruhi nilai dari fungsi optimasi. Berdasarkan kondisi tersebut maka didapatkan fungsi optimasi yang ditunjukkan pada persamaan (3).

$$z = \left(\sum_{i=1}^n \left\lfloor \frac{d(m_i, b)}{r} \right\rfloor \right) + k \quad (3)$$

dimana,

- z = fungsi optimasi
- n = banyak mobile station
- m_i = lokasi mobile station ke- i
- b = lokasi BTS terdekat dengan mobile station ke- i
- r = radius setiap BTS
- k = banyak BTS
- $d(m_i, b)$ = jarak antara mobile station ke- i dan BTS terdekat

Untuk menentukan jarak antara mobile station dan BTS digunakan rumus Euclidean yang ditunjukkan pada persamaan (4) [12].

$$d(m_i, b) = \sqrt{(x_p - x_q)^2 + (y_p - y_q)^2} \quad (4)$$

dimana,

- m_i = (x_p, y_p)
- b = (x_q, y_q)
- x_p = koordinat x dari m_i
- y_p = koordinat y dari m_i
- x_q = koordinat x dari b
- y_q = koordinat y dari b

Berikut merupakan contoh perhitungan menggunakan persamaan (3). Misal terdapat lima mobile station pada suatu area dengan nilai $d(m_1, b) = 4$; $d(m_2, b) = 7$; $d(m_3, b) = 12$; $d(m_4, b) = 9$; $d(m_5, b) = 15$ Diberikan radius BTS sebesar 10 dan banyak BTS adalah satu sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 z &= \left(\sum_{i=1}^n \left\lfloor \frac{d(m_i, b)}{r} \right\rfloor \right) + k \\
 &= \left(\left\lfloor \frac{d(m_1, b)}{r} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{d(m_2, b)}{r} \right\rfloor + \dots + \left\lfloor \frac{d(m_5, b)}{r} \right\rfloor \right) + 1 \\
 &= \left(\left\lfloor \frac{4}{10} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{7}{10} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{12}{10} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{9}{10} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{15}{10} \right\rfloor \right) + 1 \\
 &= (0 + 0 + 1 + 0 + 1) + 1 \\
 &= 3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh nilai $z = 3$. Misalkan akan ditambah satu BTS lagi pada area tersebut maka akan diperoleh perubahan jarak antara mobile station dan BTS dengan nilai $d(m_1, b) = 4$; $d(m_2, b) = 7$; $d(m_3, b) = 8$; $d(m_4, b) = 9$; $d(m_5, b) = 5$ sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 z &= \left(\sum_{i=1}^n \left\lfloor \frac{d(m_i, b)}{r} \right\rfloor \right) + k \\
 &= \left(\left\lfloor \frac{d(m_1, b)}{r} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{d(m_2, b)}{r} \right\rfloor + \dots + \left\lfloor \frac{d(m_5, b)}{r} \right\rfloor \right) + 2 \\
 &= \left(\left\lfloor \frac{4}{10} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{7}{10} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{8}{10} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{9}{10} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{5}{10} \right\rfloor \right) + 2 \\
 &= (0 + 0 + 0 + 0 + 0) + 2 \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh nilai $z = 2$ sehingga nilai fungsi yang minimal diperoleh ketika nilai $k = 2$. Nilai z yang didapatkan bergantung pada jarak antar mobile station dan BTS terdekat serta banyak BTS pada suatu area. Semakin jauh jarak mobile station dari BTS terdekat maka akan semakin besar nilai z . Namun hal

ini dapat diimbangi dengan menambah banyak BTS yaitu nilai k sehingga jarak antara mobile station dan BTS bisa lebih dekat sehingga nilai z bisa lebih kecil.

2. Proses Inisialisasi lokasi mobile station, banyak BTS, banyak populasi, banyak iterasi, switch probability, luas area serta radius. Inisialisasi lokasi mobile station serta banyak BTS dilakukan untuk menentukan titik mobile station dan BTS. Banyak populasi yang dimaksudkan adalah untuk mempercepat perhitungan. Banyak iterasi digunakan untuk menentukan jumlah maksimum iterasi. Switch probability digunakan untuk menentukan probabilitas serangga berpindah ke bunga yang lain. Inisialisasi luas area untuk menentukan area sebaran titik sedangkan radius merupakan batasan area cakupan BTS. Misalkan inisialisasi yang digunakan yaitu :

Jumlah BTS	= 3
Jumlah mobile station	= 9
Jumlah populasi	= 3
Jumlah iterasi	= 100
Switch probability	= 0.7
Luas Area	= 30 x 30
Radius	= 10

Inisialisasi mobile station populasi ke-1 ditunjukkan pada Tabel 4.1 sedangkan inisialisasi titik BTS ditunjukkan pada Tabel 4.2

Tabel 4.1 Inisialisasi titik mobile station

ms ke	x	y
1	5	5
2	5	15
3	5	25
4	15	5
5	15	15
6	15	25
7	25	5
8	25	15
9	25	25

3. Proses penentuan solusi terbaik dari setiap populasi. Solusi terbaik diperoleh dari perhitungan terhadap fungsi optimasi. Fungsi ini melakukan perhitungan terhadap setiap titik BTS dan *mobile station* pada populasi. Nilai yang dihasilkan dari fungsi tersebut merupakan nilai minimum dari setiap populasi. Misalkan untuk populasi ke-1 digunakan inisialisasi titik BTS seperti ditunjukkan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Inisialisasi titik BTS pada populasi ke-1

BTS ke-	x	y
1	10	20
2	15	10
3	23	17

Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 digunakan untuk melakukan perhitungan dengan fungsi optimasi pada persamaan 3 seperti ditunjukkan pada Tabel 4.3. Untuk mendapatkan jarak antara *mobile station* dan BTS digunakan Persamaan (4).

Tabel 4.3 Perhitungan fungsi optimasi

MS ke-	BTS ke-			min	min/rad	floor
	1	2	3			
1	15.81139	11.18034	21.63331	11.18034	1.118034	1
2	7.071068	11.18034	18.11077	7.071068	0.707107	0
3	7.071068	18.02776	19.69772	7.071068	0.707107	0
4	15.81139	5	14.42221	5	0.5	0
5	7.071068	5	8.246211	5	0.5	0
6	7.071068	15	11.31371	7.071068	0.707107	0
7	21.2132	11.18034	12.16553	11.18034	1.118034	1
8	15.81139	11.18034	2.828427	2.828427	0.282843	0
9	15.81139	18.02776	8.246211	8.246211	0.824621	0

Berdasarkan pada Tabel 4.3 diperoleh nilai $z = 5$. Selanjutnya, dihitung juga nilai z pada setiap populasi. Setiap populasi mempunyai inisialisasi lokasi BTS yang berbeda sehingga mempunyai jarak yang berbeda pula. Misalkan lokasi BTS pada populasi ke-2 ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan lokasi BTS pada populasi ke-3 ditunjukkan pada Tabel 4.5

Tabel 4.4 Inisialisasi titik BTS pada populasi ke-2

BTS ke-	x	y
1	5	13
2	15	20
3	21	25

Tabel 4.5 Inisialisasi titik BTS pada populasi ke-3

BTS ke-	x	y
1	10	10
2	17	23
3	25	13

Inisialisasi lokasi BTS tersebut digunakan untuk menghitung nilai minimum dari setiap populasi. Hasil

perhitungan nilai minimum dari ketiga populasi tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil perhitungan nilai minimum setiap populasi

Populasi ke-	Z
1	5
2	7
3	4

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa pada populasi ke-3 didapat nilai minimum dari seluruh populasi.

4. Proses membandingkan nilai random dengan *switch probability*. Setiap populasi mendapatkan nilai random yang berada pada range $[0,1]$. Berikut merupakan contoh nilai random pada populasi ke-1.

Tabel 4.7 Nilai random pada populasi ke-1

BTS ke-	random	pollination
1	0.4	local
2	0.8	global
3	0.9	global

5. Jika nilai random kurang dari nilai *switch probability* maka akan dilakukan proses *Local Pollination*. Proses ini dijalankan menggunakan persamaan (2). Misal pada BTS ke-1 akan ditentukan nilai epsilon, x_j dan x_k . Nilai epsilon diambil secara acak pada range $[0,1]$. Nilai x_j dan x_k diambil dari posisi titik pada BTS yang berbeda. Jika nilai random lebih dari nilai *switch probability* maka akan dilakukan proses *Global Pollination*. Proses ini dijalankan menggunakan persamaan (1). Misal pada BTS ke-2 akan ditentukan nilai *Levy Distribution* dan g^* . Nilai *Levy*

Distribution digunakan untuk menentukan jarak terbang serangga. Perhitungan ini membutuhkan langkah-langkah yang sangat banyak sehingga nilai *Levy Distribution* diubah menjadi bilangan acak yang berada pada range 0 sampai 1. [12]. Hasil perhitungan titik-titik pada populasi ke-1 ditunjukkan pada Tabel 4.8. Populasi ke-2 dan ke-3 juga dilakukan perhitungan sesuai sehingga mendapatkan titik-titik baru hasil optimasi.

Tabel 4.8 Hasil perhitungan titik pada populasi ke-1

BTS ke-	x2	y2
1	6.8	17.2
2	13.4	20.4
3	21.2	20.6

- Proses penentuan solusi terbaik. Solusi terbaik diperoleh untuk setiap populasi di setiap iterasi. Setiap solusi dibandingkan sampai mendapatkan solusi terbaik. Perbandingan hasil nilai minimum dari setiap populasi ditunjukkan pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Perbandingan hasil nilai minimum dari setiap populasi

Populasi ke-	sebelum	sesudah
1	5	6
2	7	7
3	4	3

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa pada populasi ke-3 diperoleh nilai minimum dengan nilai $z=3$

- Proses pengulangan langkah 4-6. Proses ini dijalankan sebanyak jumlah populasi. Semakin banyak jumlah populasi maka akan semakin banyak kemungkinan untuk mencapai nilai minimum.

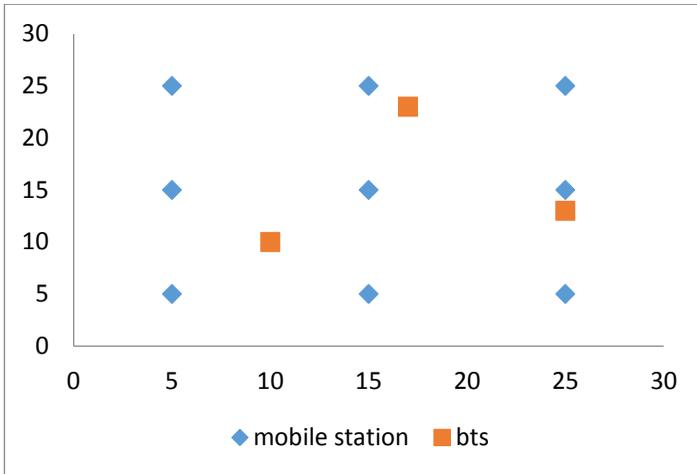
8. Proses pengulangan langkah 4-7 sebanyak jumlah iterasi. Jumlah iterasi yang dimaksud adalah jumlah iterasi maksimum. Jika nilai minimum sudah tercapai sebelum iterasi maksimum maka perhitungan akan berhenti pada iterasi terakhir yang dijalankan. Nilai minimum dicapai ketika jumlahan perbandingan jarak mobile station dan BTS terdekat sama dengan nol dengan jumlah BTS paling sedikit.
9. Proses penentuan solusi terbaik. Berdasarkan pada Tabel 4.9 didapatkan nilai minimum pada populasi ke-3 dengan titik-titik yang ditunjukkan pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Titik-titik hasil optimasi pada populasi ke-3

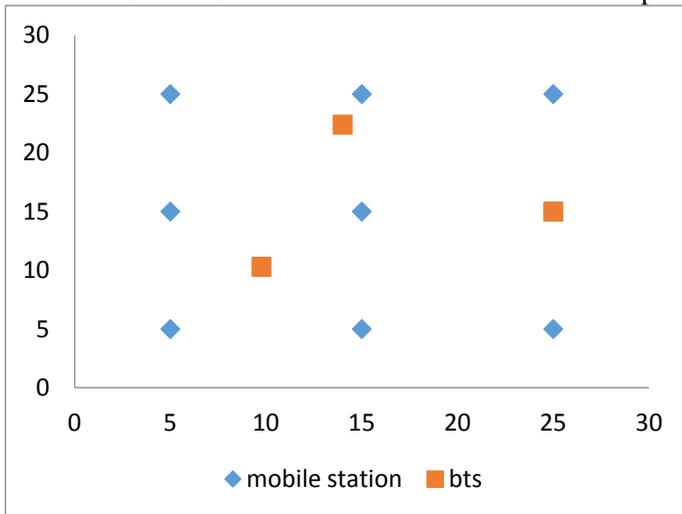
BTS ke-	x	y
1	9.76	10.3
2	14	22.4
3	25	13

4.2 Perancangan Plotting Titik

Perancangan plotting titik dilakukan untuk mengetahui secara visual posisi BTS dan mobile station sebelum dan sesudah dilakukan optimasi. Lokasi BTS dan mobile station sebelum dilakukan optimasi ditunjukkan pada Gambar 4.1 sedangkan lokasi BTS dan mobile station sesudah dilakukan optimasi ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Lokasi BTS dan mobile station sebelum dioptimasi



Gambar 4.2 Lokasi BTS dan mobile station setelah dioptimasi

Titik berwarna biru merupakan lokasi sebaran mobile station sedangkan titik berwarna merah merupakan lokasi BTS. Berdasarkan Gambar 4.1 BTS dengan radius sebesar 10 dapat

diketahui bahwa terdapat satu mobile station yang tidak tercover. Sedangkan pada Gambar 4.2 dengan radius yang sama semua mobile station dapat tercover.

BAB V

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Pada bab ini dijelaskan tentang implementasi dalam bahasa pemrograman Java dan hasil uji coba program.

5.1 Ruang Lingkup Implementasi

Ruang lingkup implementasi menunjukkan spesifikasi hardware dan software yang digunakan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

5.1.1. Hardware

Perangkat keras yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini diantaranya :

- Processor core i3 2,5 GHz
- RAM 4 GB
- Harddisk 900 GB

5.1.2. Software

Perangkat lunak yang digunakan yaitu Netbeans IDE 8.1.

Spesifikasi yang disebutkan diatas bukan merupakan kebutuhan minimal dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

5.2 Implementasi Tampilan Antarmuka

Desain tampilan antarmuka ditunjukkan pada Gambar 5.1. Tampilan awal ini berisi area untuk memberikan input pada program serta tampilan output lokasi titik, fungsi minimum dan iterasi.

Gambar 5.1 Tampilan awal system

5.3 Implementasi Algoritma

5.3.1. Proses inialisasi parameter

- Inialisasi batasan area, jumlah, posisi dan jarak mobile station. Inialisasi mobile station yang digunakan seperti ditunjukkan pada code berikut :

```
int x_min = 10;
int x_max = 100;
int y_min = 10;
int y_max = 100;
int delta_x = 20;
```

```

int delta_y = 20;
int ms_number = ((x_max - x_min)/delta_x +
1) * ((y_max - y_min)/delta_y + 1);
double ms[][] = new double[5][ms_number];
    for (int i = 0; i < (x_max -
x_min)/delta_x + 1; i++){
        for (int j = 0; j < (y_max -
y_min)/delta_y + 1; j++){

//System.out.println(i*((x_max -
x_min)/delta_x + 1) + j);
            ms[0][i*((x_max -
x_min)/delta_x + 1) + j] = (i+1) * delta_x;
            ms[3][i*((x_max -
x_min)/delta_x + 1) + j] = (j+1) * delta_y;
        }
    }

```

5.3.2. Proses perhitungan dengan *Flower Pollination Algorithm*

- Implementasi penentuan proses penyerbukan ditunjukkan pada code berikut :

```

public static Population
iteration(Population population){
    Population new_population1 = new
Population(population.get_population_size(),
false);
    for (int i = 0; i <
population.get_population_size(); i++){
        if (Math.random() < p){

new_population1.save_solution(i,
global_pollination(population.get_solution(i
), population.getFittest()));

//new_population1.save_solution(i,
global_pollination(population.get_solution(i
)));
        }
        else{

new_population1.save_solution(i,

```

```

local_pollination(population.get_solution(i)
,
population.get_solution((int) (Math.random()*
population.get_population_size())),
population.get_solution((int) (Math.random()*
population.get_population_size())));
    }
}

```

- Implementasi fungsi optimasi ditunjukkan pada code berikut :

```

public double get_fitness(){
    if (fitness == 0){
        for (int i = 0; i <
Data.get_ms_number(); i++){
            fitness = fitness +
Math.floor(get_min_d(i)/Data.get_bts_radius
());
        }
    }
    return fitness;
}

```

- Implementasi banyaknya iterasi sehingga menampilkan iterasi ke berapa yang memberikan nilai fungsi minimal

```

Population population = new
Population(Data.get_population_size(),
true);
    num_iteration = 1;
    while
(population.get_solution(0).get_fitness() >
0) {
        if(iteration == num_iteration)
break;
        num_iteration++;
        population =
FlowerPollinationAlgorithm.iteration(popula
tion);
        sol =
population.getFittest().get_solution();

```

```
f.setText(String.valueOf(population.get_solution(0).get_fitness()));
    }
```

- **Implementasi plotting titik pada grafik scatter**

```
private void
saveActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent
evt) {
    XYSeriesCollection result = new
XYSeriesCollection();
    XYSeries bts = new XYSeries("BTS");
    for(int i = 0;i<
Data.get_bts_number();i++){
        bts.add(sol[0][i],sol[3][i]);
    }
    result.addSeries(bts);
    XYSeries mobile = new
XYSeries("Mobile");
    for (int i = 0; i < ms_number; i++) {
        mobile.add(ms[0][i],ms[3][i]);
    }
    result.addSeries(mobile);
    JFreeChart xylineChart =
ChartFactory.createScatterPlot(
        "Hasil Optimasi", // chart
title
        "X", // x axis label
        "Y", // y axis label
        result, // data ***-----
PROBLEM-----***
        PlotOrientation.VERTICAL,
        true, // include legend
        true, // tooltips
        false // urls
    );
    ChartFrame frame = new
ChartFrame("Hasil BTS", xylineChart);
    frame.pack();
    frame.setVisible(true);
}
```

5.4 Hasil Pengujian

Setelah dilakukan implementasi system selanjutnya akan dilakukan pengujian pada system untuk menunjukkan hasil dari optimasi yakni berupa plotting titik mobile station dan lokasi BTS pada bidang koordinat.

**OPTIMASI PENEMPATAN LOKASI
BASE TRANSCIVER STATION MENGGUNAKAN
FLOWER POLLINATION ALGORITHM**

INPUT

JUMLAH BTS: 5

JUMLAH ITERASI: 50

JUMLAH POPULASI: 15

LUAS AREA: panjang 100, lebar 100

JARAK MS: panjang 20, lebar 20

RADIUS: 30

SWITCH PROBABILITY: 0.7

OUTPUT

FUNGSI MINIMUM: 1.0

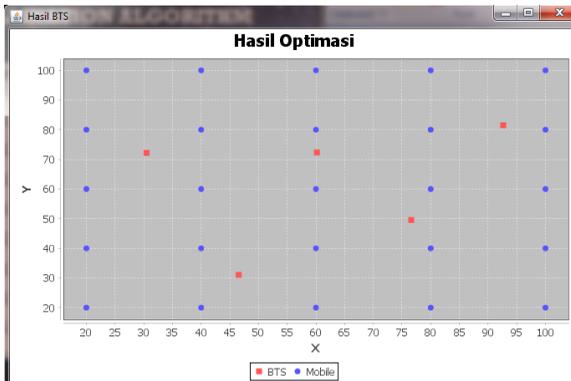
ITERASI KE-: 50

LOKASI TITIK

(46.559140628583736, 31.01969862721314)
 (60.166711607942126, 72.30745681984068)
 (76.61460897027018, 49.55433484165664)
 (30.515240351916102, 72.16780022858176)
 (82.64412934667997, 81.46684743669324)

OPTIMASI PLOTING HAPUS

Gambar 5.3 Input untuk 50 iterasi



Gambar 5.4 Plotting titik untuk 50 iterasi

**OPTIMASI PENEMPATAN LOKASI
BASE TRANSCEIVER STATION MENGGUNAKAN
FLOWER POLLINATION ALGORITHM**

INPUT

JUMLAH BTS: 5

JUMLAH ITERASI: 100

JUMLAH POPULASI: 15

LUAS AREA: panjang 100, lebar 100

JARAK MS: panjang 20, lebar 20

RADIUS: 30

SWITCH PROBABILITY: 0.7

OUTPUT

FUNGSI MINIMUM: 0.0

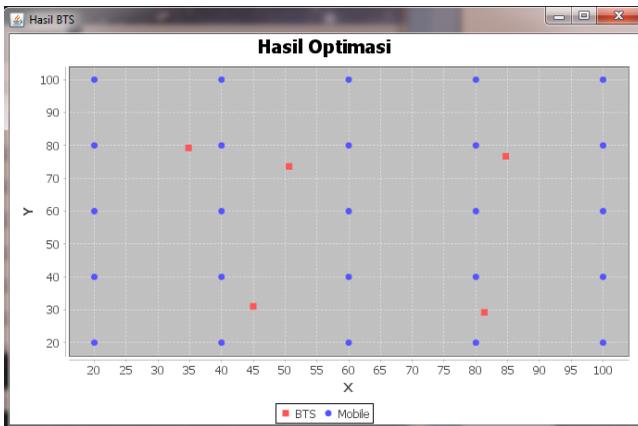
ITERASI KE-: 66

LOKASI TITIK

```
(44.98620280673204, 31.015362464678807)
(34.80515354035506, 79.24144912694076)
(84.69548060214099, 76.68470803060826)
(50.61349551543725, 73.60878294740348)
(61.3312447584222, 29.224064128543528)
```

Buttons: OPTIMASI, PLOTING, HAPUS

Gambar 5.5 Input untuk 100 iterasi



Gambar 5.6 Plotting titik untuk 100 iterasi

Hasil pengujian pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.5 diberikan nilai input yang sama hanya berbeda pada jumlah iterasi yakni 50 dan

100 iterasi. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa pada input iterasi sebanyak 50 didapatkan nilai fungsi minimum yaitu 1.0 sedangkan pada input iterasi sebanyak 100 didapatkan nilai fungsi minimum sebesar 0.0 pada iterasi ke 60. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun nilai input iterasi pada sistem besar namun iterasi akan berhenti ketika sudah didapatkan nilai fungsi yang minimum.

BAB VI PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang beberapa kesimpulan yang dihasilkan berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dan saran yang dapat digunakan jika penelitian ini dikembangkan.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis terhadap hasil pengujian program, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Flower Pollination Algorithm* telah berhasil diterapkan untuk menentukan lokasi optimasi Based Transceiver Station.
2. Hasil optimasi pada *Flower Pollination Algorithm* menunjukkan bahwa semakin besar jumlah iterasi yang dilakukan belum tentu semakin baik nilai optimasi yang didapatkan.

6.2 Saran

Ada beberapa hal yang penulis sarankan untuk pengembangan penelitian selanjutnya :

1. Pada tugas akhir ini validasi yang dilakukan masih berupa plotting tampilan titik serta nilai fungsi minimal. Hal ini akan lebih baik jika validasi disertai nilai numerik sebagai bentuk validasi bahwa titik-titik tersebut sudah optimal.
2. Pada tampilan akhir optimasi ditunjukkan dengan plotting titik pada grafik koordinat. Untuk penelitian selanjutnya bisa digunakan plotting pada koordinat bumi sehingga tampilan titik lebih nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bursadana.<http://media.bursadana.co.id/2016/03/18/jumlah-pengguna-ponsel-di-indonesia.html> diakses pada 10 Februari 2017
- [2] Kominfo.https://www.kominfo.go.id/content/detail/4286/pengguna-internet-indonesia-nomor-enam-dunia/0/sorotan_media diakses pada 10 Februari 2017
- [3] Kompas.<http://tekno.kompas.com/read/2016/10/24/15064727/2016.pengguna.internet.di.indonesia.capai.132.juta> diakses pada 10 Februari 2017
- [4] Yang, Xin-She. Karamanoglu, Mehmet. He, Xingshi. (2013). *Multi-Objective Flower Algorithm for Optimization*. International Conference on Computational Science.
- [5] Nigdeli, S. M., Bekdas, G., & Yang, X.-S. (2016). *Application of the Flower Pollination Algorithm in Structural Engineering*. Springer International Publishing Switzerland.
- [6] Kaur, R., & Kumar, A. (2016). *An Approach for Selecting Optimum Number of Base Stations and Optimizing Site Locations using Flower Pollination Algorithm*. International Journal of Computer Application .
- [7] Arif, A., & Mauludiyanto, A. (2015). *Optimasi Peletakan Base Transceiver Station di Kabupaten Mojokerto menggunakan Algoritma Differential Evolution*. Jurnal ITS .
- [8] Askar, Zainul. (2009). *Aplikasi Sistem Manajemen Trafik Hierarchical Cell Structure di Area Depok*. Tugas Akhir. Universitas Mercu Buana.
- [9] Yumpu.<https://www.yumpu.com/id/document/view/15686980/cominet-v10/1> diakses pada 16 Maret 2017
- [10] Pramsistya, Y. (2010). *Optimasi Penempatan BTS dengan Menggunakan Algoritma Genetika*.

- [11] Unpas.<http://blogs.unpas.ac.id/ririnda/files/2012/11/Teknologi-Seluler.pdf> diakses pada 16 Maret 2017
- [12] Pbarrett.net. (2005). *Euclidian Distance. Raw, normalized, and double-scaled coefficients*. The Technical whitepaper series
- [13] Shahab, Muhammad Luthfi (2017). *Multiple Sequence Alignment Menggunakan Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms*. Masters thesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember

LAMPIRAN SOURCE CODE

```
package semalemjadibismillah;

public class FlowerPollinationAlgorithm {
    private static double p = 0.5;

    //(HARUSNYA) iterasi
    public static Population
iteration(Population population){
    Population new_population1 = new
Population(population.get_population_size(),
false);
    for (int i = 0; i <
population.get_population_size(); i++){
        if (Math.random() < p){

new_population1.save_solution(i,
global_pollination(population.get_solution(i),
population.getFittest()));

//new_population1.save_solution(i,
global_pollination(population.get_solution(i)))
;
            }
            else{

new_population1.save_solution(i,
local_pollination(population.get_solution(i),
population.get_solution((int) (Math.random()*pop
ulation.get_population_size()))),
population.get_solution((int) (Math.random()*pop
ulation.get_population_size())));
            }
        }

    Population new_population2 = new
Population(2*Data.get_population_size(),
```

```

false);
    for (int i = 0; i <
population.get_population_size(); i++){
        new_population2.save_solution(i,
population.get_solution(i));

new_population2.save_solution(population.get_po
pulation_size()+i,
new_population1.get_solution(i));
    }
    new_population2.sort();

    int m = 0;
    new_population1.save_solution(0,
new_population2.get_solution(0));
    for (int i = 1; i <
new_population2.get_population_size() && m <
population.get_population_size()-1; i++){
        if
(new_population2.get_solution(i).get_fitness()
!=
new_population1.get_solution(m).get_fitness()){
            m++;
new_population1.save_solution(m,
new_population2.get_solution(i));
        }

        if ((m+1) !=
population.get_population_size()){
            for (int i = m+1; i <
population.get_population_size(); i++){
                Solution acak = new Solution();

new_population1.save_solution(i, acak);
            }
        }
        return new_population1;
    }

```

```
public static Solution
global_pollination(Solution solution, Solution
best){
    Solution new_solution = new Solution();
    for (int i = 0; i <
Data.get_bts_number(); i++){
        new_solution.set_element_x(i,
solution.get_element(0,i) +
Math.random()*(best.get_element(0,i)-
solution.get_element(0,i)));
        new_solution.set_element_y(i,
solution.get_element(1,i) +
Math.random()*(best.get_element(1,i)-
solution.get_element(1,i)));
    }
    return new_solution;
}

    public static Solution
local_pollination(Solution solution1, Solution
solution2, Solution solution3){
    Solution new_solution = new Solution();
    for (int i = 0; i <
Data.get_bts_number(); i++){
        new_solution.set_element_x(i,
solution1.get_element(0,i) + Math.random() +
Math.random()*(solution2.get_element(0,i)-
solution3.get_element(0,i)));
        new_solution.set_element_x(i,
solution1.get_element(1,i) + Math.random() +
Math.random()*(solution2.get_element(1,i)-
solution3.get_element(1,i)));
    }
    return new_solution;
}
}
```

```
package semalemjadibismillah;

public class Population {
    Solution solution[];
    int population_size;

    public Population(int n, boolean b){
        solution = new Solution[n];
        population_size = n;
        if (b == true){
            for (int i = 0; i < n; i++){
                solution[i] = new Solution();
            }
            sort();
        }
    }

    public void save_solution(int index,
Solution value){
        solution[index] = value;
    }

    public void sort(){
        quick_sort(0, population_size-1);
    }

    public void quick_sort(int i, int j){
        int b = (int)((i+j)/2);
        Solution c = solution[b];
        solution[b] = solution[j];
        solution[j] = c;
        int k = partition(i-1, j,
solution[j].get_fitness());
        c = solution[k];
        solution[k] = solution[j];
        solution[j] = c;
        if (k-i > 1){
            quick_sort(i, k-1);
        }
        if (j-k > 1){
```

```

        quick_sort(k+1, j);
    }
}

public int partition(int l, int r, double
p){
    while (l < r){
        while (solution[++l].get_fitness()
< p);
        while (r != 0 && solution[--
r].get_fitness() > p);
        Solution b = solution[l];
        solution[l] = solution[r];
        solution[r] = b;
    }
    Solution b = solution[l];
    solution[l] = solution[r];
    solution[r] = b;
    return l;
}

public Solution get_solution(int index) {
    return solution[index];
}

public Solution getFittest() {
    return solution[0];
}

public int get_population_size() {
    return population_size;
}

public void print_all_fitness(){
    for (int i = 0; i < population_size;
i++){
        solution[i].print_fitness();
    }
}
}

```


BIODATA PENULIS



Penulis mempunyai nama lengkap Lailatur Rosyidah dengan sapaan Rosi. Lahir di Sidoarjo, 15 Desember 1994 dan bertempat tinggal di Desa Sadang RT 04 RW 02 Taman, Sidoarjo. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Pendidikan formal yang pernah ditempuh yakni MI Islamiyah, SMPN 3 Taman, SMAN 1 Taman serta Matematika ITS 2013. Penulis menjalani masa perkuliahan dengan memberi les, menjadi asisten sekaligus mengikuti beberapa pelatihan diantaranya ESQ, LKMM-TD, LaTeX dan pernah menjadi penyaji tingkat nasional dalam ajang PIMNAS-28. Beberapa kepanitiaan yang pernah diikuti yakni menjadi salah satu anggota tim soal pada olimpiade nasional OMITS 2015 dan anggota sie publikasi pada OMITS 2016. Riwayat organisasi yang pernah dijalani penulis yakni OSIS saat menempuh jenjang SMA serta menjadi staff kesejahteraan mahasiswa HIMATIKA ITS 2014/2015. Kritik dan saran dapat dikirim ke lailaturrosyidah01@gmail.com