

PENEMPATAN *FEMTOCELL* MENGGUNAKAN ALGORITMA *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)* DI PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS BUDI LUHUR

Arif Nur Rohim¹, Eka Purwa Laksana²

¹Fakultas Teknik
Universitas Budi Luhur, Jakarta, 12260
Telp : (021) 5853753 ext 253, Fax : (021)
E-mail : 1452500216@student.budiluhur.ac.id

²Fakultas Teknik
Universitas Budi Luhur, Jakarta, 12260
Telp : (021) 5853753 ext 253, Fax : (021)
E-mail : eka.purwalaksana@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Dalam penelitian ini membahas tentang Analisa Pemilihan Penempatan Femtocell dengan Memperhitungkan Interferensi Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) di gedung Perpustakaan Universitas Budi Luhur Jakarta. Pencarian penempatan femtocell dilakukan dengan cara mensimulasikan menggunakan software Matlab. Data hasil simulai yang didapat di analisa untuk mengetahui pada posisi terbaik dimana untuk mendapatkan Signal to Interference Noise Ratio (SINR). Setelah dilakukan pengujian terhadap parameter Particle Swarm Optimizatio (PSO) didapat jumlah partikel sebesar 30, nilai Wmax = 0,9 dan Wmin = 0,4 dan nilai c1 = 0,2 dan c2 = 0,2 dalam 30 kali percobaan, posisi yang di dapat x = 76,97 dan y= 4,093 menghasilkan rata-rata Signal to Interference Noise Ratio (SINR) sebesar 44,47dB.

Keywords

Particle Swarm Optimization(PSO), Femtocell, Matlab, Signal to Interference Noise Ratio (SINR).

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dan industri telekomunikasi sudah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Ketersediaan layanan diupayakan oleh sejumlah operator seluler yang menawarkan berbagai sistem dan layanan yang bervariasi dengan melakukan pembangunan infrastruktur jaringan seluler. Salah satu aspek penting dalam perencanaan infrastruktur jaringan seluler adalah Base Transceiver Station (BTS) yang merupakan sebuah pemancar dan penerima sinyal telpon seluler. Sinyal yang dipancarkan oleh BTS belum sepenuhnya bisa melayani jaringan seluler, seperti pada sebuah bangunan tertutup tidak optimal oleh jaringan outdoor karena mengakibatkan sinyal yang masuk keruangan lemah atau hilang, oleh karenanya perlu

dilakukan optimasi jaringan indoor dengan menggunakan femtocell.

Femtocell sendiri merupakan teknologi pemancar mikro yang menggunakan level daya rendah, menggunakan frekuensi seperti yang digunakan jaringan seluler, dikoneksikan dengan backhaul jaringan internet yang digunakan untuk memperluas cakupan dan meningkatkan kapasitas serta pemasangannya secara auto configuration. Penerapan LTE dilakukan melalui teknik indoor penetration yakni dengan cara menghubungkan Femtocell Access Point (FAP) ke jaringan internet yang menggunakan link jaringan akses data dan terhubung ke jaringan dari provider yang bersangkutan, dan untuk membuat penempatan

jaringan indoor dilakukan simulasi terlebih dahulu sebelum ditempatkan pada ruangan.

Sebuah algoritma juga dapat dipergunakan untuk membantu proses penempatan femtocell terbaik. Penulis mempertimbangkan menggunakan algoritma metaheuristik karena adanya proses optimasi yang dapat dipergunakan untuk proses penempatan femtocell. Salah satunya algoritma metaheuristik adalah algoritma swarm intelligence (SI). Algoritma ini memiliki dua algoritma turunan yaitu algoritma ant colony optimization (ACO) dan particle swarm optimization (PSO).

Pada [1], Dari hasil optimasi, penempatan menara BTS bersama menggunakan algoritma Differential Evolution mampu mengoptimalkan luas cakupan area sel sebesar 2,94% dari total luas kabupaten Mojokerto.

Pada [2]. Hasil eksekusi algoritma genetika, didapatkan bahwa fungsi fitness sudah stabil pada generasi ke 18 sampai generasi ke 27, yaitu pada saat fungsi fitness menunjukkan angka 65 dengan tingkat optimalitas 100, trafik 61 dan jangkauan 35. Nilai jangkauan kecil karena persebaran BTS existing tidak merata di seluruh wilayah kota Malang.

2. Teori Dasar

A. Algoritma Particle Swarm Optimization

Pada algoritma PSO ini, pencarian solusi dilakukan oleh suatu populasi yang terdiri dari beberapa partikel. Populasi dibangkitkan secara random dengan batasan nilai terkecil dan terbesar. Setiap partikel merepresentasikan posisi atau solusi dari permasalahan yang dihadapi. Setiap partikel melakukan pencarian solusi yang optimal dengan melintasi ruang pencarian (*search space*). Hal ini dilakukan dengan cara setiap partikel melakukan penyesuaian terhadap posisi terbaik dari partikel tersebut (*local best*) dan penyesuaian terhadap posisi partikel terbaik dari seluruh kawanan (*global best*) selama melintasi ruang pencarian. Jadi, penyebaran pengalaman atau informasi terjadi di dalam partikel itu sendiri dan antara suatu partikel dengan partikel terbaik dari seluruh kawanan selama proses pencarian solusi. Setelah itu, dilakukan proses pencarian untuk

mencari posisi terbaik setiap partikel dalam sejumlah iterasi tertentu sampai didapatkan posisi yang *relatif steady* atau mencapai batas iterasi yang telah ditetapkan. Pada setiap iterasi, setiap solusi yang direpresentasikan oleh posisi partikel, dievaluasi performansinya dengan cara memasukkan solusi tersebut kedalam *fitness function*. Setiap partikel diperlakukan seperti sebuah titik pada suatu dimensi ruang tertentu. Kemudian terdapat dua faktor yang memberikan karakter terhadap status partikel pada ruang pencarian yaitu posisi partikel dan kecepatan partikel. Berikut ini merupakan formulasi matematika yang menggambarkan posisi dan kecepatan partikel pada suatu dimensi ruang tertentu :

$$x_i(ite\text{r}) = x_{i1}(ite\text{r}), x_{i2}(ite\text{r}), \dots, x_{iN} \quad (1)$$

$$v_i(ite\text{r}) = v_{i1}(ite\text{r}), v_{i2}(ite\text{r}), \dots, v_{iN} \quad (2)$$

dimana

X = posisi partikel

V = kecepatan partikel

i = indeks partikel

t = iterasi ke-t

N = banyaknya partikel

Bobot inersia untuk meredam kecepatan selama iterasi, yang memungkinkan kawanan burung menuju (*convergen*) titik target secara lebih akurat dan efisien dibandingkan dengan algoritma aslinya. Berikut ini merupakan model matematika yang menggambarkan mekanisme updating status partikel. Nilai bobot inersia yang tinggi menambah porsi pencarian *global* (*global exploration*), sedangkan nilai yang rendah lebih menekankan pencarian lokal (*local search*). Untuk tidak terlalu menitikberatkan pada salah satu bagian dan tetap mencari area pencarian yang baru dalam ruang berdimensi tertentu, maka perlu dicari nilai bobot inersia (*w*) yang secara imbang menjaga pencarian global dan lokal. Untuk mencapai itu dan mempercepat konvergensi, suatu bobot inersia yang mengecil nilainya dengan bertambahnya iterasi digunakan dengan formula.

$$w(\text{iter}) = w_{\max} - \left(\frac{w_{\max} - w_{\min}}{\text{iterasi}} \right) \text{iter} \quad (3)$$

Dimana $w_{\max}$ dan $w_{\min}$ masing-masing adalah nilai awal dan nilai akhir bobot inersia. iterasi adalah jumlah iterasi maksimum yang digunakan dan iter adalah iterasi yang sekarang. Biasanya digunakan nilai $w_{\max} = 0.9$ dan $w_{\min} = 0.4$ [9]. Perubahan atau modifikasi formula untuk mengupdate kecepatan ini seperti *step size* α dalam algoritma *Steepest Descent*, dimana nilai α yang terlalu besar akan memungkinkan suatu optimum lokal akan terlewat sehingga algoritma justru menemukan optimum lokal yang lain yang tidak lebih baik nilainya.

$$\begin{aligned} v_i(\text{iter}) &= w(\text{iter})v_i + c1r1[Pbest - x_i] + c2r2[Gbest - x_i] \\ x_j(\text{iter}) &= v_j(\text{iter}) + x_j \end{aligned} \quad (4)$$

dimana

$X_i^L = X_{i1}^L, X_{i2}^L, \dots, X_{iN}^L$ merepresentasikan *local best* dari partikel ke-i.

$X^G = X_{i1}^G, X_{i2}^G, \dots, X_{iN}^G$ merepresentasikan *global best* dari seluruh kawanan. Sedangkan $c1$ dan $c2$ adalah suatu konstanta yang bernilai positif yang biasanya disebut sebagai *learning factor*. Kemudian $r1$ dan $r2$ adalah suatu bilangan random yang bernilai antara 0 sampai 1[9]. Persamaan (4) digunakan untuk menghitung kecepatan partikel yang baru berdasarkan kecepatan sebelumnya, jarak antara posisi saat ini dengan posisi terbaik partikel (*local best*), dan jarak antara posisi saat ini dengan posisi terbaik kawanan (*global best*). Kemudian partikel terbang menuju posisi yang baru berdasarkan persamaan (5). Setelah algoritma PSO ini dijalankan dengan sejumlah iterasi tertentu hingga mencapai kriteria pemberhentian, maka akan didapatkan solusi yang terletak pada *global best*. Perlu diingat bahwa posisi terbaik individu dan posisi terbaik kelompok perlu disimpan untuk keseluruhan iterasi. Model ini akan disimulasikan dalam ruang dengan dimensi tertentu dengan sejumlah iterasi sehingga di setiap iterasi, posisi partikel akan semakin mengarah ke target yang dituju (minimasi atau maksimasi fungsi).

Ini dilakukan hingga maksimum iterasi dicapai atau bisa juga digunakan kriteria penghentian yang lain. Algoritma PSO meliputi langkah berikut

- Bangkitkan posisi awal sejumlah partikel sekaligus kecepatan awalnya secara random.
- Evaluasi fitness dari masing-masing partikel berdasarkan posisinya.
- Tentukan partikel dengan fitness terbaik, dan tetapkan sebagai *Gbest*. Untuk setiap partikel, *Pbest* awal akan sama dengan posisi awal.

Mengulangi langkah berikut sampai stopping kriteria dipenuhi

- Menggunakan *Pbest* dan *Gbest* yang ada, perbarui kecepatan setiap partikel menggunakan 4. Lalu dengan kecepatan baru yang didapat, perbarui posisi setiap partikel menggunakan 5.
- Evaluasi *fitness* dari setiap partikel.
- Tentukan partikel dengan fitness terbaik, dan tetapkan sebagai *Gbest*. Untuk setiap partikel, tentukan *Pbest* dengan membandingkan posisi sekarang dengan *Pbest* dari iterasi sebelumnya.
- Cek stopping criteria. Jika dipenuhi, berhenti. Jika tidak, kembali ke 1

fungsi fitness yang akan dipakai :

$$SINR_p^j = \frac{Pf}{I + N_0} \quad (6)$$

$$I^j = (Pm_p - PL) + (Pf_p^j - PL) \quad (7)$$

Dimana :

N = noise

I = interferensi

Pm = power transmisi macro ke user ke j

Pf = power taransmisi femto ke p pada user ke j

PL = pathloss

Untuk rumus pathloss yang dipakai :

$$PL = 15.3 + 37.6 \log_{10}(d) + wl \quad (8)$$

Dimana :

d = jarak antara makro *cell* / *femtocell* ke user (m)

wl = wall loss (20dB)

B. Femtocell

Femtocell merupakan sebuah *access point* berdaya pancar rendah dengan berbasis teknologi komunikasi bergerak yang dapat memberikan layanan suara dan data nirkabel kepada para pengguna jaringan komunikasi bergerak di dalam lingkungan rumah atau lingkungan perkantoran. *Femtocell* menggunakan jaringan *broadband standar* berbasis teknologi TCP/IP yang disediakan oleh penyedia layanan internet (seperti ADSL, HFC atau jaringan optik) untuk menyalurkan data dan suara dari *femtocell* ke jaringan milik penyedia layanan bergerak. Umumnya, sebuah *femtocell* akan menyediakan layanan suara secara simultan kepada minimal 4 (empat) orang pengguna di dalam rumah, disamping juga memungkinkan pengguna lain untuk terhubung ataupun dilayani untuk mengakses layanan lain seperti SMS. Selain itu, *femtocell* juga dapat menyediakan layanan data kepada beberapa pengguna, umumnya pada laju data puncak tergantung teknologi *air interface* yang digunakan, misalnya bila menggunakan teknologi UMTS akan mendapatkan laju data puncak sebesar 384 kilobit per detik.

Aliran data-data dari banyak *femtocell* dikonsentrasikan bersama di dalam sebuah *gateway*, yang diatur oleh operator seluler dan kemudian disalurkan ke jaringan inti operator tersebut untuk diproses bersama dengan aliran data dari sel makro lain. Jaringan inti operator juga memiliki sistem manajemen yang menyediakan layanan-layanan pada *femtocell* untuk memastikan bahwa layanan-layanan yang dinikmati oleh pengguna memiliki tingkat keamanan dan kualitas yang tinggi dan dapat beroperasi bersama dengan sinyal-sinyal dari *femtocell* lain maupun jaringan luar. Pada prakteknya, *femtocell* dapat berupa perangkat

mandiri yang terhubung ke *router* jaringan *broadband* pelanggan, atau dapat berupa salah satu bagian dari perangkat *home gateway* pelanggan yang menggabungkan fungsi-fungsi *router* dengan teknologi-teknologi lain, seperti *broadband modem*, internet *router* dan *Wi-Fi access point*. *Femtocell* secara teknologi diposisikan sebagai perangkat konsumen sehingga secara desain disesuaikan dengan lingkungan instalasi rumah dan dapat diproduksi dalam jumlah yang bersamaan bersamaan dengan produk konsumen lain. Dari sisi pandang tersebut, maka *femtocell* dapat disamakan dengan perangkat nirkabel rumah lain seperti *cordless telephone* dan *Wifi access point*.

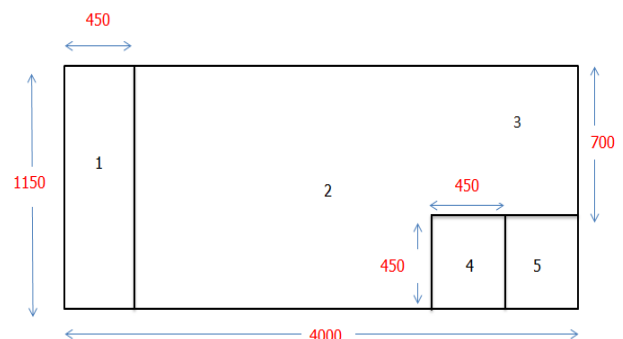
3. Pengujian

Pada pengujian ini dijelaskan , pembahasan meliputi dari pembuatan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) ditambah dengan parameter *Signal to Interferensi plus Noise Ratio* (SINR). Pada ujicoba nilai parameter PSO adalah sebagai berikut:

- Pengujian variasi jumlah partikel terhadap nilai fitness
- Pengujian variasi nilai c1 dan c2 terhadap nilai fitness
- Pengujian variasi nilai Wmin dan Wmax terhadap nilai fitness

A. Denah Perpustakaan

Data yang digunakan untuk optimasi penempatan *femtocell* pada tugas akhir ini menggunakan data ruang perpustakaan Universitas Budi Luhur seperti gambar 1 dan tabel 1.



1. Ruang buku
2. Ruang baca perpus
3. Ruang lobi perpus
4. Ruang kepala perpustakaan
5. Musula perpus

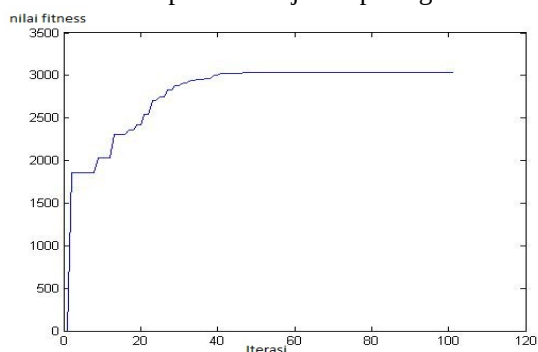
Gambar 1 : Gambar denah perpustakaan.

Tabel 1 : Data ruang perpustakaan Univesitas Budi Luhur

No.	Nama ruang	Luas ruang (cm2)	Jumlah orang
2	Ruang baca	2650x1150	34
1	Ruang buku	1150x450	2
5	Ruang musolah	450x450	-
4	Ruang kepala perpustakaan	450x450	2
3	Lobi perpustakaan	900x700	2
Total jumlah orang			40 orang

B. Hasil Evaluasi nilai fitness terhadap iterasi 1 kali percobaan

Jumlah iterasi yang digunakan pada percobaan adalah 100 dengan nilai parameter $c1=0.2$ dan $c2=0.2$. pengaruh jumlah iterasi yang digunakan terhadap nilai fitness didapatkan ditunjukkan pada gambar 2.

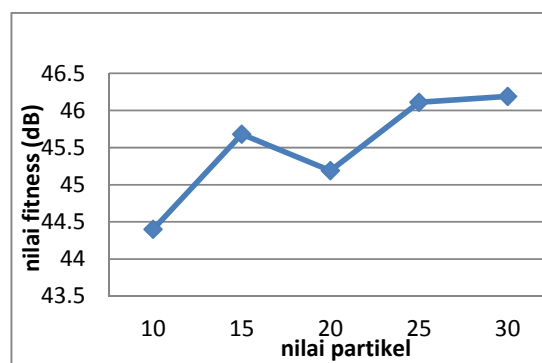


Gambar 2: Grafik nilai fitness dengan jumlah iterasi dalam 1 percobaan

Dari gambar 4.4 Dapat dilihat nilai fitness meningkat dengan bertambahnya nilai iterasi, dinyatakan dengan bahwa posisi optimum yang didapat akan cenderung tinggi sehingga nilai fitness yang didapat menjadi lebih baik pada iterasi ke 45 nilai fitness sudah konvergen.

C. Variasi nilai partikel

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui jumlah partikel yang optimal, dengan menguji jumlah partikel terhadap nilai fitness. Jadi disini mencoba untuk menguji nilai partikel ditunjukkan pada gambar 3 :



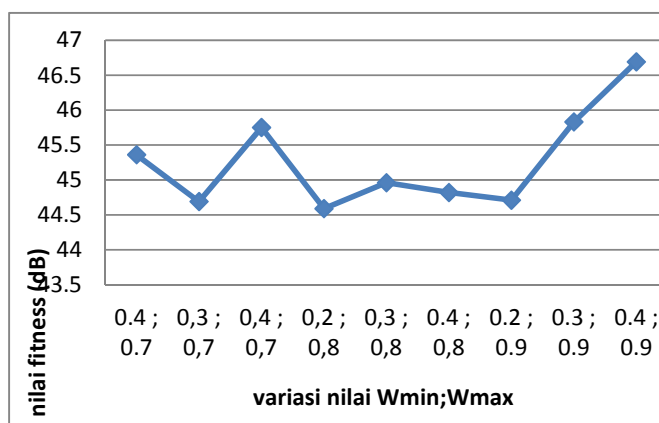
Gambar 3 : Grafik variasi jumlah partikel terhadap nilai fitness

Pada pengujian ini digunakan variasi jumlah partikel 10, 15, 20, 25 dan 30 yang dilakukan masing-masing sebanyak 30 kali percobaan. Grafik pengujian variasi jumlah partikel dengan nilai fitness ditunjukkan pada gambar 3.

Dari gambar 3 Dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah partikel maka nilai fitness yang dihasilkan juga semakin besar. Berdasarkan gambar 3 Jumlah partikel paling bagus adalah 30 partikel, dimana pada posisi jumlah partikel 30 nilai fitness paling tinggi didapatkan.

D. Variasi nilai W

Variasi nilai w_{min} dan w_{max} dapat mempengaruhi nilai fitness yang dihasilkan, dikarnakan nilai w mempengaruhi daya eksplorasi partikel. Dalam tugas akhir ini variasi nilai w dilakukan percobaan 30 kali dapat di lihat pada gambar 4.



Gambar 4: Grafik variasi nilai w_{min} , w_{max} dengan nilai fitness

Berdasarkan hasil pengujian ini terlihat bahwa nilai fitness terbesar dengan nilai W adalah $W_{min}=0,4$ dan $W_{max}=0,9$.

E. Pengujian keseluruhan

Dari hasil pengujian jumlah partikel, kombinasi nilai W_{min} dan W_{max} dan variasi nilai c_1 dan c_2 yang menghasilkan nilai fitness terbaik. Pada pengujian dengan algoritma PSO menggunakan parameter sebagai berikut:

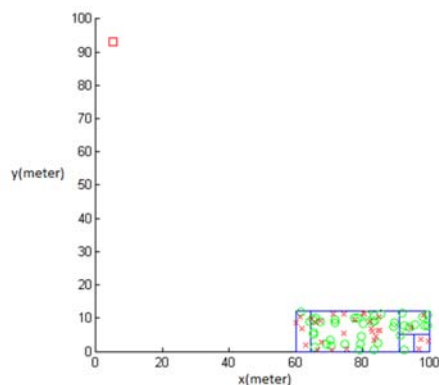
Tabel 2 : Tabel nilai parameter PSO yang dipakai

Parameter	nilai
Jumlah partikel	30
Iterasi	100
$W_{min} : W_{max}$	0.4 0.9
$c_1 : c_2$	0.2 0.2
$r_1 : r_2$	rand : rand

Tabel 3 : Parameter nilai simulasi

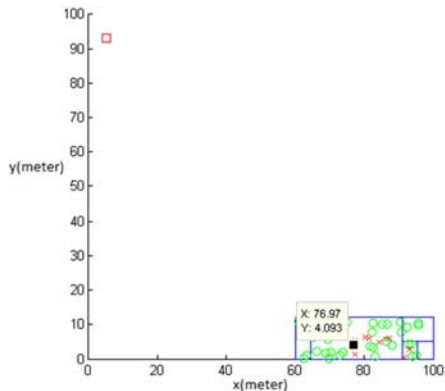
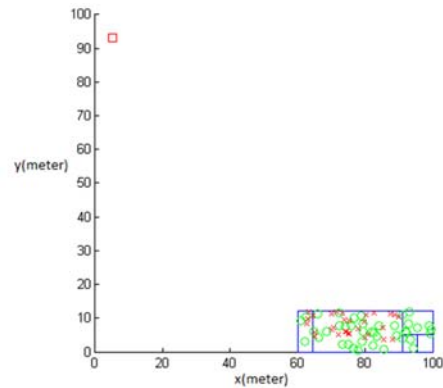
Parameter	nilai
Power transmisi macro	16 dB
Power transmisi femtocell	-7dB
noise	-111 dB
Jumlah pengguna femtocell	40

Dilakukan pengujian pada iterasi 0 ditujukan pada gambar 5.



Gambar 5 : gambar pada saat iterasi=0

Gambar 6 : Gambar pada saat iterasi=50



Gambar 7: Gambar pada saat iterasi = 100

Dari hasil pengujian diatas didapatkan semua *femtocell* berada pada ruang 2. Dapat disimpulkan dengan jumlah iterasi 100, hasil optimal penempatan *femtocell* terbaik adalah pada ruang 2 dengan posisi koordinat $x=76,97$ dan $y=7,093$

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Parameter Particle Swarm Optimization yang baik untuk menyelesaikan tugas akhir ini optimal adalah jumlah partikel 30, nilai $c_1=0,2$ dan $c_2=0,2$ dan nilai $W_{min} = 0,4$ dan $W_{max} = 0,9$.
- Pada hasil optimasi penempatan femtocell terbaik adalah pada ruang 2(ruang baca perpustakaan) dengan posisi $x = 76,97$ dan $y = 4,093$.
- Dari parameter SINR menghasilkan nilai terbaik 97.5% dengan rata-rata 44,47dB

Daftar Pustaka

- [1] Arif, Ahsi. dan Maulidiyanto, Acmad Optimasi Peletakan *Base Transceiver Station* di Kabupaten Mojokerto Menggunakan Algoritma *Differential Evolution*. Jurnal Teknik ITS, 2015.
- [2] Aryanti, D.Pancawati., *et al* . 2013. Optimasi Penempatan *Node B* UMTS900 pada BTS *Existing* Menggunakan Algoritma Genetika. Jurnal EECCIS.
- [3] Fath, Nifty., *et al* . 2018. Implementasi *Bat Algorithm* dalam Optimasi Penempatan *Femtocell*. Jurnal Rekayasa Elektrika.
- [4] J. Kennedy and R. C. Eberhart. Particle swarm optimization. In Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks. IEEE Service Center, Piscataway, 1995.
- [5] MODUL 8, P. (2015) *Modul 8 Drive Test Analysis (DTA) 4G LTE Lanjut*. Semarang: PENS.
- [6] Goudos. Sotirios K., *et al* . 2015. A Multi-Objective Approach to Indoor Wireless Heterogeneous Networks Planning Based on Biogeography-Based Optimization. *IEEE Transactions on Wireless Communications* ,91, pp. 564-576.
- [7] Hasan. Mohammad Kamrul., 2016. Investigation of Enhanced Particle Swarm Optimization Algorithm for the OFDMA Interference Management in Heterogeneous Network. *International Journal of Future Generation Communication and Networking* ,9,pp. 15-24.
- [8] Riani,Garsinia Ely. Mahmudy, Wayan Firdaus. 2016. OPTIMASI JANGKAUAN JARINGAN 4G MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA. Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. ,3,pp. 141-146
- [9] Shahid *et al* . 2105. Energy-efficient downlink resource management in self-organized organized OFDMA-based two-tier femtocell networks. *Journal on Advances in Signal Processing* ,pp. 42-57.
- [10] Santosa, Budi. dan Willy,Paul. 2011. Metoda Metaheuristik, Konsep dan Implementasi. Surabaya : Graha Ilmu.
- [11] Y. Shi and R. C. Eberhart. Parameter selection in particle swarm optimization. In V. W. Porto, N. Saravanan, D. Waagen, and A. Eibe, editors, Proceedings of the Seventh Annual Conference on Evolutionary Programming, page 591-600. Springer-Verlag, 1998.