OPTIMASI WIRELESS ACCESS POINT MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA (STUDI KASUS GEDUNG C FAKULTAS TEKNIK)

Muhammad Rasyidin Siregar *, Linna Oktaviana Sari**
*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, Riau
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: muhammad_m_rasyidin@student.unri.ac.id

ABSTRACT

.

Laying a good WI-FI system is required to optimize the received power level from the transmitter to receiver. Characteristic of the most influential in determining the performance of a WI-FI system is the power level value. This value can be used to determine the coverage are of a transmitter. The Genetic Algorithm is chosen because according to various references, it is considered a suitable algorithm for optimization related problems. This algorithm can find the best solution of various possible solutions quickly and efficiently than any other algorithm. This research will be doing optimization, by comparing the optimization result with the existing conditions. The purpose of optimization is to rearrange the access point position in order to generate efficient coverage and signal strength. Selected research location is on 1st floor of C building Engineering Faculty, University Riau. From existing condition on the 1st floor there are 5 access points with coverage area value of 29.71%, after optimization the coverage area value increased to 50.21% with signal strength between -75 dBm to -70 dBm.

Keyword : Access Point, Genetic Algorithm, Coverage Area, WI-FI, Signal Strength.

1. Pendahuluan

Umumnya di lingkungan Kampus, mahasiswa dan dosen serta warga kampus lainnya sangat erat hubungannnya dengan komunikasi internet. Mahasiswa serta warga kampus lainnya umumnya memanfaatkan media *wlan* untuk tersambung ke internet. Namun cakupan *coverage wifi wlan access point* mempunyai batas *coverage* tergantung dari spesifikasi *access point* yang digunakan dan berbagai aspek yang bisa mengurangi kinerja *access point*. Disamping itu juga peletakan posisi *access point* yang sembarangan, yang mengakibatkan tidak tercovernya seluruh area gedung perkuliahan di fakultas teknik universitas riau. Peletakan posisi wlan access point yang sembarangan mengakibatkan adanya area *blankspot* dan area yang tidak mendapat sinyal yang baik dimana dibeberapa titik area difakultas teknik tidak mendapatkan akses internet sama sekali.

Berdasarkan latar belakang ini, pada penelitian ini kana dilakukan penelitian mengenai optimalisasi jaringan *wlan access point* menggunakan metode genetika. Optimalisasi ini perlu dilakukan agar area-area *blankspot* yang tidak tercover oleh *wlan access point* bisa tercover dan dapat meni ngkatkan kekuatan sinyal yang diterima oleh *user* dengan pemindahan posisi *access point* menggunakan metode algoritma genetika. Dengan menerapkan metode algoritma genetika pada pemilihan posisi *access point* dapat menghasilkan pemilihan posisi yang proposional dan

optimal untuk optimalisasi kinerja *access point.* Dengan menerapkan metode genetika,diharapkan bisa mengoptimalkan kinerja wlan access point sehingga bisa memberikan layanan akses terhadap user, dan mampu mengurangi area *blankspot*.

Penelitian sebelumnya melakukan optimalisasi sistem *wifi* di PENS-ITS dengan menggunakan metode algoritma Genetika, Penelitian tersebut menjelaskan bahwa *coverage area* dari *access point* dapat ditentukan melalui perhitungan, tanpa melakukan *survey* lapangan yang actual.

Penelitian selanjutnya Yustaf Pramesistya dengan judul "Optimasi Penempatan BTS dengan menggunakan Algoritma Genetika". Penelitian tersebut menjelaskan bahwa algoritma genetika yang digunakan bertujuan untuk mengoptimasi *coverage area* dengan memperhatikan kemungkinan persebaran MS (*Mobile Station*).

Perbedaan penelitian ini dari penelitian sebelumnya terletak pada proses penerapan metode genetika yang digunakan dan visualisasi hasil simulasi yang digunakan. Penelitian ini menerapkan algoritma genetika dengan perbandingan dari posisi *access point* sesuai kondisi *existing* yang kemudian diseleksi dan digabungkan menjadi satu desain posisi penempatan *wlan access point* yang dapat mencakup area blankspot dan memperbaiki kualitas sinyal yang diterima oleh *user*. Parameter optimalisasi penelitian ini berdasarkan parameter coverage, yang diukur dengan nilai *RSSI* yang diterima oleh *user*. Hasil penelitian ini divisualisasikan dengan menggunakan Aplikasi berbasis Bahasa pemograman PHP.

II. Landasan Teori

Wi-Fi (Wireless Fidelity)

Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) yaitu sekumpulan standar yang digunakan untuk jaringan Lokal Nirkabel (*Wireless Local Area Network* – WLAN) yang didasari pada spesifikasi *IEEE 802.11*. Standar terbaru tersebut menawarkan banyak peningkatan mulai dari luas cakupan yang lebih jauh dan kecepatan transfer data. Fungsinya menghubungkan jaringan dalam satu area lokal secara nirkabel. Awalnya *Wi-Fi* digunakan untuk penggunaan perangkat nirkabel dan jaringan area lokal (LAN), namun saat ini lebih banyak digunakan untuk mengakses *Internet*. Hal ini memungkinkan seseorang dengan komputer, dengan kartu nirkabel (*wireless* card) atau *Personal Digital Assistant* (PDA) untuk terhubung dengan *Internet* dengan menggunakan titik akses (*Hotspot*) terdekat (Jusak,2013)

Wi-Fi dirancang berdasarkan spesifikasi IEEE 802.11. Sekarang ini ada empat variasi dari 802.11, yaitu 802.11a, 802.11b, 802.11g dan 802.11n. Spesifikasi *b* merupakan produk pertama Wi-Fi.Variasi *g* dan *n* merupakan salah satu produk yang memiliki penjualan terbanyak pada 2005. Di hampir seluruh belahan dunia, penggunaan frekuensi Wi-Fi tidak perlu mendapatkan ijin dari pengatur lokal (misal, Komisi Komunikasi Federal di A.S.). 802.11a menggunakan frekuensi yang lebih tinggi dan oleh sebab itu daya jangkaunya lebih sempit, untuk tipe yang lain sama.

Tabel 1 menunjukkan spesifikasi dari empat varian standar IEEE 802.11 tersebut. Versi Wi-Fi yang paling luas dalam pasaran USA sekarang ini (berdasarkan dalam IEEE 802.11b/g) beroperasi pada 2.400 MHz sampai 2.483,50 MHz. Tabel 2 menunjukkan pembagian operasi dalam 11 channel (masing-masing 5 MHz), berpusat di frekuensi tersebut.

Tabel 1. Spesifikasi Varian Standar *Wi-fi* (standart IEEE)

Standar	Kecepatan	Band Frekuensi
IEEE 802.11a	11 Mbps	2.4 GHz
IEEE 802.11b	54 Mbps	5 GHz
IEEE 802.11g	54 Mbps	2.4 GHz
IEEE 802.11n	100 Mbps	2.4 GHz

Tabel 2. Channel WI-FI

Channel	Frekuensi (MHz)
Channel 1	2,412
Channel 2	2,417
Channel 3	2,422
Channel 4	2,427
Channel 5	2,432
Channel 6	2,437
Channel 7	2,442
Channel 8	2,447
Channel 9	2,452
Channel 10	2,457
Channel 11	2,462

Parameter-parameter *Wi-Fi*

Performansi *Wi-Fi* dapat ditentukan oleh beberapa parameter, yaitu kuat sinyal (*signal strenght*), *Signal to Noise Ratio* (SNR), *Bandwidth*, *Coverage area* dan *Channel*. Berikut penjelasan masing-masing parameter, yaitu:

a. Kuat Sinyal (*Signal Strenght*)

Kuat sinyal menentukan baik tidaknya suatu *Wi-Fi*. Semakin kuat sinyal, maka semakin baik dan handal konektivitasnya. Sinyal pada *Wi-Fi* ditunjukan dengan besaran dBm yaitu satuan level daya dengan referensi daya 1mW = 10^{-3} Watt. Rentang kuat sinyal pada *Wi-Fi* yaitu antara -10 dBm sampai kurang lebih -99 dBm dimana semakin nilainya mendekati positif maka semakin kuat sinyal dapat dikategorikan dalam Tabel 3 (Purbo, 2007)

Tabel 3. *Signal Strenght Wi-Fi*

***Signal Strenght* (dBm)**	**Keterangan**
-57 sampai -10	Sangat Baik
-75 sampai -58	Baik
-85 sampai -76	Cukup
-95 sampai -86	Buruk

b. *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Perbandingan antara daya dari sinyal asli dan daya dari derau disebut dengan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR). SNR diukur dalam satuan desibel (dB) dan didefinisikan dengan rumus:

$$\mathbf{SNR = 10 \log_{10} (P_S/P_N)\ dB}$$

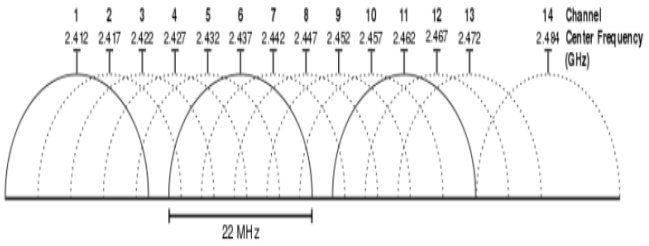
Yang mana P_S adalah daya rata-rata sinyal dalam satuan watt dan P_N adalah daya rata-rata dari derau dalam satuan watt. Apabila nilai daya rata-rata dari derau cukup besar dibandingkan dengan daya rata-rata dari sinyal, maka SNR akan bernilai kecil. (Fitria, 2014)

c . Bandwidth

Bandwidth adalah ukuran dari sebuah wilayah/lebar/daerah frekuensi. Jika lebar frekuensi yang digunakan oleh sebuah alat adalah 2,4 sampai 2,48 GHz maka bandwidth yang digunakan adalah 0,08 GHz (atau lebih sering disebutkan sebagai 80 MHz). sangat mudah untuk melihat bahwa *bandwidth* yang kita definisikan berhubungan erat dengan jumlah data yang dapat kita kirimkan di dalamnya semakin lebar tempat yang tersedia di ruang frekuensi, semakin banyak data yang dapat kita masukan pada sebuah waktu.(Nurmalia, 2010)

d. Kanal

Pemilihan kanal diperlukan untuk menghindari interferensi, jaringan memerlukan Spektrum 2,4 GHz dibagi menjadi potongan kecil-kecil yang terdistribusi pada band sebagai satuan kanal. Perlu dicatat bahwa lebar kanal adalah 22 MHz, tapi antar kanal hanya berbeda 5 MHz. Hal ini berarti bahwa antar kanal yang bersebelahan saling *overlap*, dan dapat saling berinterferensi. Hal ini dapat direpresentasikan secara visual di Gambar 2.4. (Purbo, 2007)



Gambar 1. Jarak Antar Kanal Pada *Wi-Fi*

*e. **Coverage area***

Merupakan daerah target yang ingin dicapai. Ketika daerah yang ingin dicapai sudah tercoverage maka semua daerah tersebut dapat mengakses jaringan *Wi-Fi*. (Kurnia, 2010)

Rumus untuk menentukan *coverage area*, yaitu:

$$\textbf{\% Coverage area} = \frac{Area\ Ter-cover}{Luas\ Area} \times 100 \ldots\ldots.(1)$$

Keunggulan dan Kelemahan Jaringan *Wi-Fi*

Keunggulan dan Kelemahan jaringan *Wi-Fi* menurut (Kuntoro, 2005) adalah sebagai ,berikut:

a) Keunggulan

a. Biaya pemeliharaan murah
b. Infrastruktur berdimensi kecil
c. Pembangunannya cepat
d. Mudah dan murah untuk di relokasi
e. Mendukung portabilitas

b) Kelemahan

a. Biaya peralatan mahal
b. *Delay* yang sangat besar
c. Kesulitan karena masalah propagasi radio
d. Mudah untuk terinterferensi
e. Kapasitas jaringan kecil
f. Keamanan/kerahasiaan data kurang terjamin

Algoritma Genetika

Algoritma Genetika sebagai cabang dari Algoritma Evolusi merupakan metode adaptive yang biasa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Algoritma ini didasarkan pada proses genetic yang ada dalam makhluk hidup; yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi yang alami, secara lambat laun mengikuti prinsip seleksi alam atau "siapa yang kuat, dia yang bertahan (*survive*)". Dengan meniru teori evolusi ini, Algoritma Genetika dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan-permasalahan dalam dunia nyata (Entin, 2007).

a. Pengertian Individu

Individu menyatakan salah satu solusi yang mungkin. Individu bisa dikatakan sama dengan kromosom, yang merupakan kumpulan gen. gen ini bisa biner, float, dan kombinatorial

b Nilai *Fitness*

Nilai *fitness* adalah nilai yang menyatakan baik tidaknya suatu solusi (individu). Nilai *fitness* ini yang dijadikan acuan dalam mencapai nilai optimal dalam algoritma genetika. Algoritma genetika bertujuan mencari individu dengan nilai *fitness* yang paling tinggi.

$$\textbf{Fx(i)} = \frac{Abs(Sqrt((Cr_X(i) * Cr_X(i)) + (Cr_Y(i) * Cr_Y(i)))}{100} \leq S(i) \quad (2)$$

$$\textbf{S (i)} = \frac{Th \times Smax}{Pmin} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

Dimana :

Fx(i) = Fungsi *Fitness*

S(i) = Jarak *Threshold* (m)

Cr_X(i) = Kromosom Gen X ke-i

Cr_Y(i) = Kromosom Gen Y ke-i

Th = Threshold level daya = (-60 dBm)

Smax = Jarak maksimal hasil pengukuran (m)

Pmin = Daya minimum hasil pengukuran (dBm)

c. Seleksi

Seleksi digunakan untuk memilih individu-individu mana saja yang akan dipilih untuk proses kawin silang dan mutasi. Seleksi digunakan untuk mendapatkan calon induk yang baik. "Induk yang baik akan menghasilkan keturunan yang baik". Semakin tinggi nilai *fitness* suatu individu semakin besar kemungkinannya untuk terpilih.

d Pindah Silang (*Cross Over*)

Kawin silang (*crossover*) adalah operator dari algoritma genetika yang melibatkan dua induk untuk membentuk kromosom baru. Pindah silang menghasilkan titik baru dalam ruang pencarian yang siap untuk diuji. Operasi ini tidak selalu dilakukan pada semua individu yang ada. Individu dipilih secara acak untukdilakukan *crossing* dengan P_c antara 0,6

s/d 0,95. Jika pindah silang tidak dilakukan, makaa
nilai dari induk akan diturunkan kepada keturunan.

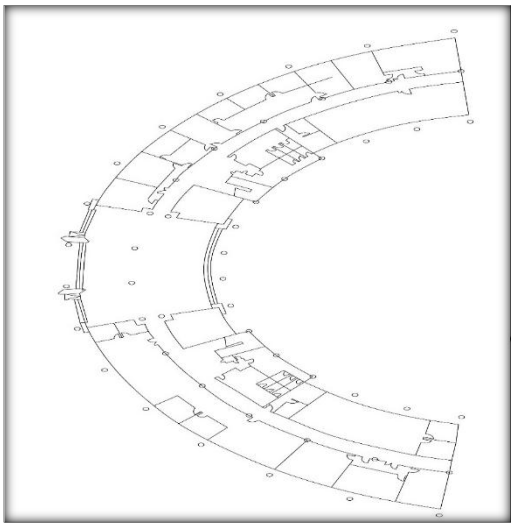
e Mutasi

Operator berikutnya pada algoritma genetika adalah mutasi, gen. Operator ini berperan untuk menggantikan gen yang hilang dari populasi akibat proses seleksi yang memungkinkan munculnya kembali gen yang tidak muncul pada inisialisasi populasi

III METODE PENELITIAN

Perancangan Sistem

Dalam penelitian ini pnulis membuat denah gedung C dengan gambar denah per lantai, untuk memudahkan proses pengerjaan penelitian. Denah dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Denah Gedung C FakultasTeknik Lantai 1

Gambar 2 menampilkan gambar denah peta Gedung C lantai dan lantai 1 dengan Luas Bangunan dan Tanah adalah 3.780 m^2 (Data Fakultas Teknik UR). Bangunan Gedung C terdiri dari banyak ruangan yang diantaranya digunakan untuk ruangan perpustakaan ,ruangan prodi,ruangan kuliah,ruangan dekan,ruangan wakil dekan,ruangan staff fakultas,dan ruangan dosen,dan ada yang digunakan sebagai ruangan sidang. Gambar 2 dibuat secara manual menggunakan *software Autocad* dengan Panjang dan lebar gambar asli sesuai desain adalah 45 x 21 cm. dengan skala menggunakan skala 1:200 cm maka setiap 1 cm pada gambar denah sama dengan 2 m luas tanah pada kondisi aslinya.

Prinsip Kerja Sistem

Di dalam program ini menggunakan metode algoritma genetika dimana metode tersebut dapat menghitung *Fitness*, menyeleksi kromosom, pindah silang (*crossover*), mutasi sehingga di dapatkan individu baru. *Fitness* merupakan tempat-tempat yang kemungkinan di letakkan oleh access point. Kemudian tempat-tempat kemungkinan tersebut diseleksi dan dicari tempat yang paling memenuhi kriteria yang di inginkan.

Pada *crossover*, di program ini *crossover* akan bekerja agar tiap-tiap access point tidak pada satu titik yang sama. Kemudian di mutasi secara acak agar mendapatkan hasil titik posisi *access point* yang di inginkan.

Perancangan Diagram Alir Sistem

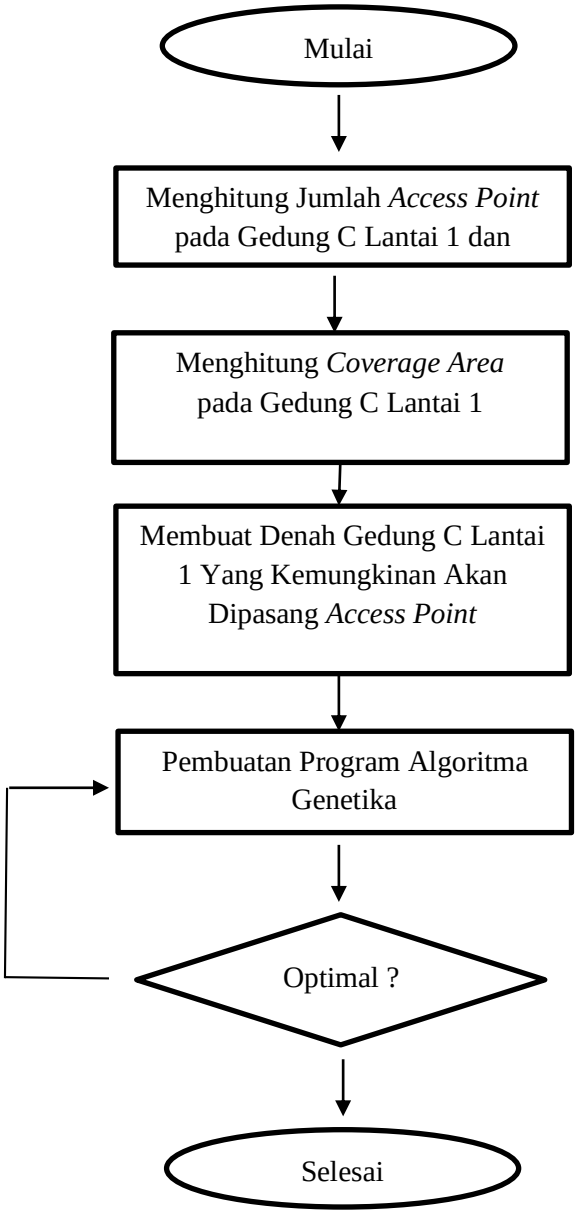
Pada gambar 3 menampilkan diagram aliran system yang menampilkan proses dan tahapan dari tahapan awal memulai penelitian sampai tahapan akhir yang mendapatkan hasil dari penelitian ini.

a) Menghitung Jumlah Access Point pada Gedung C Lantai 1 Pada tahapan ini dilakukan survey untuk menghitung jumlah access point pada lantai 1 untuk mendapatkan data yang akurat agar tidak ada kesalahan dalam penelitian mengenai jumlah *access point* yang ada pada lantai 1.

b) Menghitung *Coverage Area* pada Gedung C Lantai 1 Pada bagian ini menghitung *coverage area* pada lantai 1 gedung C. Data *coverage area* ini nanti akan digunakan untuk menjadi parameter dalam proses optimasi

c) Membuat Denah Gedung C Lantai 1 yang kemungkinan akan dipasang *access point* . Pada tahapan ini,dibuat denah Gedung C lantai 1 dengan menggunakan *software autocad* dengan berdasarkan data yang didapatkan dari Fakultas Teknik Universitas Riau.

d) Pembuatan Algoritma Genetika.Pada penelitian ini program yang dibuat menggunakan Bahasa PHP dengan dasar program berdasarkan algoritma genetika. Data-data denah lantai 1,jumlah dan posisi *Access Point*,daerah yang bisa dipasang *Access Point* dan yang tidak bisa dipasang akan diolah semua dalam program ini secara otomatis dengan dasar Algorima genetika



Gambar 3. Diagram Aliran Sistem

Pembuatan Program

Dalam tugas akhir ini, pembuatan program dilakukan menggunakan program berbasis Bahasa pemograman PHP dengan menggunakan metode Algoritma Genetika.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi Posisi *Access Point* menggunakan Algoritma Genetika

Untuk mendapatkan posisi *Access Point* yang optimal agar mengurangi area *Blankspot* maka digunakan algoritma Genetika karena algoritma ini cocok digunakan untuk permasalahan dalam penetuan posisi,jarak,penentuan keputusan,dll secara cepat dan efisien. Pada penelitian ini menggunakan aplikasi yang dirancang berdasarkan algoritma genetika berdasarkan Bahasa pemograman PHP. Aplikasi yang telah dibuat, dirancang menggunakan algoritma genetika dengan kemampuan optimalisasi posisi *Access Point* secara manual dan otomatis. Kemampuan secara otomatis,system akan menentukan posisi terbaik berdasarkan algoritma genetika tanpa menghiraukan jumlah *Access Point*. Sementara kemampuan secara manual sistem akan menetukan posisi *access point* terbaik beradasarkan posisi dan jumlah *Access Point* yang sudah ada.

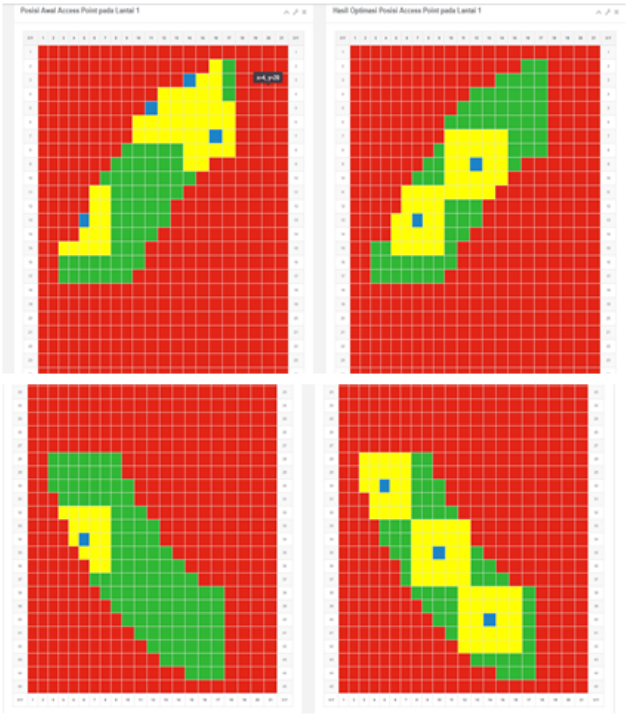
Pada aplikasi Optimasi *Access Point* menggunakan Algoritma Genetika menyediakan dua pilihan yang bisa digunakan untuk melakukan optimasi:

1) Otomatis

Pada menu otomatis ini,program akan bekerja menentukan posisi *Access Point* secara random (acak), program akan memilih posisi *Access Point* dan jumlah *Access Point* secara otomatis.

2) Manual

Pada perhitungan manual ini,program akan bekerja menentukan posisi *Access Point* secara *random* (acak) berdasarkan jumlah *Access Point* yang sesuai dengan kondisi existing.. Program akan memilih hasil terbaik berdasarkan hasil pengecekan dan pengulangan sesuai dengan Algoritma Genetika



Gambar 4. Hasil optimasi posisi *Access Point* pada lantai 1

Dari Gambar 4 dapat kita lihat perbedaan posisi *Access Point* sebelum dioptimasi,posisi *Access Point* saling berdekatan dan tidak teratur sehingga membuat *coverage area* yang dihasilkan tidak maksimal,kekuatan sinyal yang dihasilkan juga akan mengalami penurunan diakibatkan interferensi antar sinyal masing masing *Access Point* dan setelah dilakukan optimasi menggunakan alagoritma genetika posisi *Access Point* tampak lebih teratur dan tidak saling berdekatan sehingga menghasilkan *coverage area* yang lebih ideal dan tidak adanya interferensi antar *Access Point*. Untuk perhitungan hasil *coverage area* yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 5

Gambar 5. Hasil Perhitungan *coverage area Access Point* pada lantai 1

Pada gambar 5 dapat kita lihat bahwa jumlah *Access Point* adalah sebanyak 5 buah. Luas area *coverage* total adalah 239 titik.239 titik ini merupakan jumlah yang didapatkan berdasarkan jumlah kotak yg berwarna hijau atau area yang diperbolehkan memasang *Access Point.*Luas area yang tercover sebelum dilakukan optimasi adalah 71 titik dengan nilai *coverage area* sebesar 29,71%.

Kemudian setelah dilakukan optimasi posisi *Access Point* menggunakan algoritma genetika luas area yang tercakup adalah 120 titik dengan nilai *coverage area* sebesar 50,21%.Hasil ini menunjukkan peningkatan *coverage area* dari yang sebelumnya 29,71% meningkat menjadi 50,21%. *Signal Strength* yang dihasilkan juga berada di angka -70 dBm sampai -75 dBm. *Signal Strength* ini sudah menjadi ketetapan yang dibuat dalam system sehingga setiap posisi *Access Point* sudah di set memiliki kekuatan sinyal yang baik. Hal ini dikarenakan telah melakukan penelitian sebelumnya berdasarkan perhitungan Range yang telah dibahas sebelumnya sehingga tidak perlu melakukan optimalisasi *signal strength* kembali, hanya tinggal melakukan optimalisasi posisi sesuai algoritma genetika.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian optimalisasi *Access Point* menggunakan algoritma genetika,maka didapat kesimpulan Proses optimalisasi menggunakan aplikasi berbasis Bahasa pemograman PHP menggunakan algoritma genetika telah mendapatkan hasil yang diinginkan dengan Jumlah *Access Point* pada lantai 1 adalah sebanyak 5 buah *Access Point* dengan persentase awal *coverage area* sebesar 29,71%. Setelah dioptimalisasi menggunakan aplikasi melalui perhitungan manual didapatkan hasil dengan jumlah *Access Point* sebanyak 5 *Access Point* dengan persentase *coverage area* meningkat menjadi 50.21% dengan kekuatan sinyal berada diangka -70 dBm sampai -75 dBm

Saran

Adapun saran yang dapat penulis samapaikan untuk menyempurnakan penelitian ini disampaikan dalam beberapa point dibawah ini:

1. Penelitian optimalisasi posisi *Access Point* menggunakan Algoritma lainnya
2. Penggunaan program optimalisasi dengan bantuan software lainnya atau menggunakan Bahasa pemograman lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Entin Martiana, Tessy Badriyah, Riyanto Sigit, 2007, "*Modul Ajar Kecerdasan Buatan*", Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Fitria, Anggun I., Susanto, Irwan,2014*" Analisis Jarak Terhadap Redaman, SNR (Signal to Noise Ratio) Kecepatan Download Pada Jaringan ADSL"* Jurnal:Teknik Telekomunikasi AKATEL Sandhy Putra Purwokerto

Jusak. (2013). *Teknologi Komunikasi Data Modern*. Yogyakarta: Andi

Kuntoro,Tri priyambodo.Heriadi,Dodi. 2005. *Jaringan WI-FI.* Yogyakarta: Andi

Kurnia P. Kartika1, Tri Budi Santoso, Nur Adi Siswandari,2010. "*Optimasi Sistem Wi-Fi di PENS-ITS dengan Menggunakan Algoritma Genetika*".Surabaya: . Politeknik Negeri Surabaya

.

Nurmalia. 2010. "*Pengukuran Interferensi Pada Access Point (AP) Untuk Mengetahui Quality of Service (QoS).*" Skripsi: Teknik Informatika Fakultas dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

Purbo Onno W, Protus Tanuhandaru dkk, "*Jaringan Wireless di Dunia Berkembang*", Penerbit: Andi, Yogyakarta, 2007

Yustaf Pramsistya,2012. "*Optimasi Penempatan BTS dengan menggunakan Algoritma Genetika*".Surabaya:Institut Teknologi Surabaya.