

OPTIMALISASI PELETAKAN *ACCESS POINT* PADA JARINGAN WI-FI MENGUNAKAN METODE *SIMULATED ANNEALING* DI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS RIAU

Hakim Ata Attaturk¹⁾, Linna Oktaviana Sari²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika, ²⁾Dosen Teknik Informatika
Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM. 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293

Email: hakim.ataattaturk@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Placement of an access point using a Wi-Fi network is necessary to get the desired signal strength, especially from the receiver side. Access Point or transmitter as the signal sender is very important because the signal strength value is a parameter used to determine the coverage area (signal range) of the access point (transmitter). This research discusses the placement of access points in the Faculty of Engineering, University of Riau. In this case, 10 samples of Received Signal Strength Indication (RSSI) in dBm are processed to get the placement optimization using Simulated Annealing Method with INSSIDER 4 Application. Propagation Line of Sight (LOS) is used to get distance between transmitter and receiver in meters. Signal strength does not only depend on the transmitter and receiver but also from the number of interference the research, it causes the decrease in the signal received by the receiver. Obtained coverage area after optimization 65.233% in the Faculty of Engineering, University of Riau. From the result, hoped this research can be used well to optimize access point placement on Wi-Fi networks using Simulated Annealing Method in the Faculty of Engineering, University of Riau. This system is implemented using Matlab Software.

Keywords : *Wi-Fi, Coverage Area, RSSI, Propagasi, LOS, Simulated Annealing, Matlab*

1. PENDAHULUAN

Peletakan/pemasangan *Access Point* pada umumnya dianggap sangat mudah, terlebih jika dengan sesuai kebutuhan. Dari sisi pihak vendor maupun Internet *Service Provider* (ISP) penyedia layanan jaringan biasanya melakukan pemasangan ataupun peletakan *Access Point* sesuai dengan permintaan konsumen, yang dimana sering terjadi kesalahan maupun *coverage* atau yang disebut jangkauan jaringan tersebut tidaklah stabil dan tidak terjangkau. Pada umumnya untuk pemasangan perangkat berupa *Access Point* biasanya diletakan diposisi di tengah-tengah ruangan ataupun tempat yang ada *space* kosong agar dapat terpasang dan hal yang sering terjadi

adalah dipasang di tempat di posisi yang dekat dengan sumber listrik agar kabel *Power Access Point* tidak perlu penambahan lagi. Maka dari itu diperlukan pertimbangan dan analisa teoritis peletakan jaringan Wi-Fi yang dipasang. Untuk itu dibutuhkan suatu cara agar pemasangan *Access Point* tersebut tidak membutuhkan waktu ataupun tenaga yang cukup banyak dan dengan melalui perhitungan yang pasti agar *Access Point* yang terpasang dapat menjangkau *coverage* jaringan dimanapun berada di dalam lingkup daerah jaringan yang dibutuhkan.

Studi kasus permasalahan ini tampak jelas terjadi pada Fakultas Teknik Universitas Riau, yakni peletakan posisi

Access Point sangatlah tidak beraturan yang membuat mahasiswa/i pada umumnya tidak bisa mengakses jaringan dengan secara normal dan baik. Terdapat beberapa penumpukan pemasangan *Access Point* yang terjadi di Lobi Fakultas Teknik yang memiliki jumlah 5 unit dengan posisi pemasangan tanpa ada ketentuan yang sama sekali dibutuhkan, lalu terdapat pada salah satu gedung di lantai 3 sama sekali tidak memiliki jaringan maupun alat *Access Point* sekalipun, dan begitu juga yang terjadi pada beberapa *spot* tempat sebagai contoh di Gazebo antara laboratorium teknik elektro, laboratorium teknik mesin dan laboratorium teknik kimia hanya mendapatkan kekuatan sinyal -70dBm yang membuat sinyalnya yang didapatkan hilang timbul dan dapat juga hilang total. Lalu pada laboratorium teknik mesin yakni pada laboratorium pengukuran dengan laboratorium pengujian bahan tidak mendapatkan sama sekali sinyal. Tampak jelas seringnya terjadi tidak adanya jaringan sama sekali adalah di laboratorium teknik kimia yang menempatkan posisi peletakan *Access Point* di dalam ruangan kecil hingga tidak *ter-cover* ruangan utama laboratoriumnya hingga lorong yang ada. Banyak posisi *blankspot* tanpa ada sinyal yang didapatkan maupun disediakan oleh Fakultas Teknik Universitas Riau. Untuk pendekatan alternatifnya adalah menggunakan salah satu metode optimasi, maka dibuatlah skripsi ini dengan judul *Optimalisasi Peletakan Access Point Pada Jaringan Wi-Fi Menggunakan Metode Simulated Annealing Di Fakultas Teknik Universitas Riau*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Wi-Fi

Istilah *Wireless Fidelity* (Wi-Fi) sering kali digunakan dalam diskusi mengenai jaringan terlebih pada wireless (yaitu Wi-Fi hotspot), Wi-Fi merupakan istilah yang paling populer digunakan. Istilah Wi-Fi menjadi cara yang populer untuk

menguraikan jaringan wireless 802.11 dan istilah ini memudahkan pemasarannya. Wi-Fi juga merujuk pada sertifikasi yang dibuat oleh Aliansi Wi-Fi, yaitu sebuah asosiasi internasional nonprofit dari vendor-vendor produk 802.11. Produk-produk 802.11 yang menerima sertifikasi Wi-Fi telah diuji dan dapat berinteroperasi dengan produk-produk tersertifikasi yang lain. Ini berarti masyarakat dapat menggunakan produk tersertifikasi Wi-Fi dengan jaringan sertifikasi Wi-Fi 802.11, baik itu menggunakan jaringan berbasis Window atau *Apples Computer*. Meskipun produk-produk 802.11 yang tidak memiliki sertifikasi Wi-Fi dapat beroperasi dengan baik dengan peranti-peranti yang tersertifikasi, logo Wi-Fi Certified adalah jaminan interoperabilitas. (Thomas, 2005).

2.2 Received Signal Strength Indicator

Receive Signal Strength Indicator yang disingkat menjadi RSSI adalah parameter yang sering digunakan untuk mencari *distance* (jarak) antara *receiver* (*Rx*) dan *transmitter* (*Tx*). RSSI juga digunakan pada teknologi Wi-Fi maupun WLAN yang saat ini digunakan untuk *positioning*. Nilai RSSI dinyatakan dalam dB (*desibel*) yang diterima dari antena penerima (*receiver*) untuk menunjukkan kuatnya daya *signal* (*Rx Power*). Untuk melihat nilai RSSI saat ini sudah dapat digunakan diaplikasi-aplikasi yang tersedia di berbagai *system operasi* yang berjalan baik itu dari *smartphone* dan lainnya. Rata-rata penerimaan sinyal RSSI pada *Access Point* dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$Rerata\ RSSI = \frac{Total\ Jumlah\ nilai\ RSSI}{Jumlah\ Koordinat\ Receiver} \quad (1)$$

(Puspitasari, 2015)

2.3 Simulated Annealing

Simulated Annealing adalah algoritma optimasi yang bersifat generik. Algoritma ini diaplikasi untuk pendekatan terhadap solusi optimum global suatu permasalahan yang ada. Ruang pencarian solusi yang ada terlalu luas pada masalah-masalah

optimasi kombinatorial tidak memungkinkan ditemukan solusi *exact* terhadap permasalahan tersebut, dan kondisi inilah yang memerlukan metode *Simulated Annealing* (Thiang, 2009). *Simulated Annealing* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode lainnya, yakni kemampuan untuk tidak terjebak dan menghindari jebakan optimal lokal *area* yang sama. Algoritmanya sendiri adalah algoritma yang melakukan pencarian acak, tidak hanya menerima nilai objektif yang selalu turun, melainkan menerima nilai objektif yang juga (Basuki dkk, 2004). Metode ini sangat cocok untuk digunakan menentukan penjadwalan yang memiliki penjadwalan urutan yang bervariasi. Metode ini memiliki penjadwalan dan dapat memberikan usulan yang mengurangi nilai total pada waktu penyelesaian *workstation vacum* baik itu pengerjaan komponen atau pengerjaan setiap *job*. Metode ini sendiri diharapkan dapat digunakan sebagai acuan untuk penjadwalan seluruh *job* yang dapat mengurangi *job* yang mengalami *carry over*. Dan proses produksi berjalan lebih baik dan juga penggunaan shift tambahan dan jam lembur dapat diminimalisir (Shiddiq dkk, 2015). Untuk menghitung jarak baru menggunakan rumus pada persamaan NewRSSI yang diturunkan dari rumus pada persamaan 5. Selanjutnya nilai RSSI baru dihitung menggunakan persamaan 2. (Puspitasari, 2015).

$$NewRSSI(i) = \frac{Th}{First\ Range} \times Newdistance \quad (2)$$

(Puspitasari, 2015)

Dimana $Th = Threshold\ power = -30$ dBm, $First\ Range = Range\ (pixel)$ menggunakan rumus pada persamaan (3), untuk $Newdistance = d$ (cm) menggunakan rumus pada persamaan (4).

$$Range = \frac{-30dBm \times Smax(i)}{Pmin} \quad (3)$$

(Puspitasari, 2015)

$$d = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2} \quad (4)$$

(Puspitasari, 2015)

Untuk mencari nilai *coverage area* menggunakan persamaan 5.

Coverage Area

$$\sum_{x2=1}^n \sum_{y2=1}^n \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2} \leq Range \quad (5)$$

(Puspitasari, 2015)

2.4 Transceiver

Transmitter adalah kata awal dari *transceiver* yang memiliki arti pengirim dan *receiver* yang berarti penerima dan dapat diterima dengan bersifat Audio yang memiliki arti bunyi/suara yang dihasilkan oleh getaran benda dan dapat ditangkap oleh telinga manusia, dan getaran tersebut diharuskan kuat yakni minimal 20 kali per detik (Asyani, Tri, 2014).

Untuk menghitung antara jarak *transmitter* dengan *receiver* menggunakan rumus pada persamaan , yaitu dengan Metode *Euclidean* pada persamaan 6.

$$d = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2} \quad (6)$$

(Puspitasari, 2015)

Range adalah batasan *signal* yang akan menjadi patokan ukuran pada sebuah area dalam skala yang dapat dijangkau atau tidak dapat dijangkau oleh *signal* yang dikirim oleh *Access Point* selaku *transmitter*. Untuk menentukan batasan nilai *range* dapat dilihat pada persamaan 7.

$$Range = \frac{s}{skala\ ruang} \quad (7)$$

(Puspitasari, 2015)

Nilai *range* diambil dengan memiliki satuan *pixel*, S adalah *threshold* dan skala ruangan yang digunakan adalah = 50 cm, untuk menentukan jarak *threshold* dapat dilihat pada persamaan 8.

$$S = \frac{Th \times SMax}{Pmin} \quad (8)$$

(Puspitasari, 2015)

Dengan kondisi Th atau *threshold* level daya minimumnya adalah = -30 dBm, $Smax$ adalah jarak maksimum pada saat pengukuran (dalam satuan meter) dan $Pmin$ adalah nilai daya minimum RSSI

pada pemrosesan pencarian data. (Puspitasari, 2015).

2.5 Line of Sight

Line of Sight adalah hal yang terpenting dalam suatu komunikasi radio yang menggunakan frekuensi tinggi antara pemancar dan penerima. Ada dua jenis *line of sight* itu sendiri, yaitu :

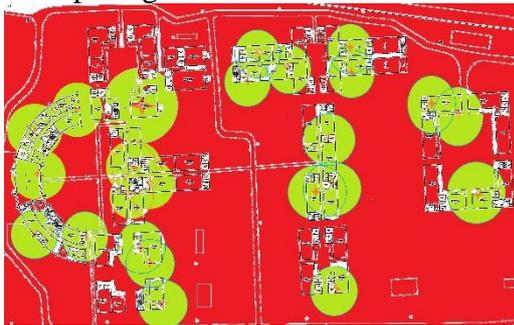
a. *Radio line of Sight*, kondisi *receiver* bisa langsung mendapatkan/mendengarkan transmisi dari pemancar (*transmitter*).

b. *Optical Line of Sight*, kondisi dimana *transmitter* selaku pemancar yang dapat melihat secara optik posisi penerima (*receiver*). (Purbo, 2003).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Kondisi Existing

Kondisi terkini Wi-Fi yang ada di Fakultas Teknik UNRI saat ini tampak jelas di Gambar 3.1 yang menjelaskan ruang cakupan berwarna Hijau adalah wilayah yang tercover oleh *Access Point* yang terpasang, dan cakupan berwarna Merah adalah wilayah yang tidak tercover *Access Point* (*blankspot*), ini yang menjadi sumber permasalahan utama yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kondisi Existing

3.2 Pengambilan Sample

Sampel yang digunakan untuk melakukan penelitian ini cukuplah banyak, tetapi yang digunakan hanyalah poin-poin penting data yang akan diolah. Adapun teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah :

a. Koordinat

Menentukan perhitungan koordinat posisi *access point* dan penerima yang diawali dari sudut barat ke timur yang

diinisialisasikan sebagai x dan utara ke selatan adalah y dengan koordinat sumbu $x,y (0,0)$.

b. *Receive Signal Strength Indicator*

Daya yang diterima untuk menunjukkan variasi nilai yang besar karena adanya pengaruh *fading* dan *shadowing* oleh perangkat *wireless* pada *receiver*. Dan untuk pengukuran RSSI ini diambil dari beberapa titik koordinat yang berbeda tiap sampel ruangan, tetapi menggunakan koordinat yang sama jika pengambilan nilai untuk perbedaan ketinggian *access point*.

c. Jarak

Pengukuran jarak antara titik peletakan *access point* dengan *receiver*. Hal yang dilakukan adalah menentukan selisih koordinat *access point* dengan *receiver* dengan menggunakan persamaan *Euclidean*.

d. Ketinggian

Ketinggian *access point* yang digunakan dari jarak *receiver* sekitar 70cm. Ketinggian *access point* yang digunakan adalah 250 cm dan 70 cm.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Menyiapkan Alat dan Bahan.
2. Melakukan persiapan pemasangan instalasi listrik yang dapat terhubung ke langit-langit pemasangan *Access Point* dan *spare* untuk daya listrik laptop.
3. Mengaktifkan Wi-Fi dengan *secured WPA2* lalu melakukan izin hak akses IP yang dapat terhubung dan mendahulukan melakukan *subnetting* IP sebelum melakukan konfigurasi ini.
4. Memastikan *Access Point* yang sudah dikonfigurasi terhubung antara *Access Point* dengan *receiver* (laptop/handphone).
5. Menginstall aplikasi InSSIDER 4 di laptop yang akan digunakan untuk mengukur nilai RSSI dan kekuatan sinyal Wi-Fi pada *Access Point*.
6. Menjalankan aplikasi InSSIDER 4 untuk melakukan *search* nilai RSSI pada

operasi *access point* yang berada disekitarnya. Dan mendapatkan nilai RSSI sesuai jarak yang telah ditentukan.

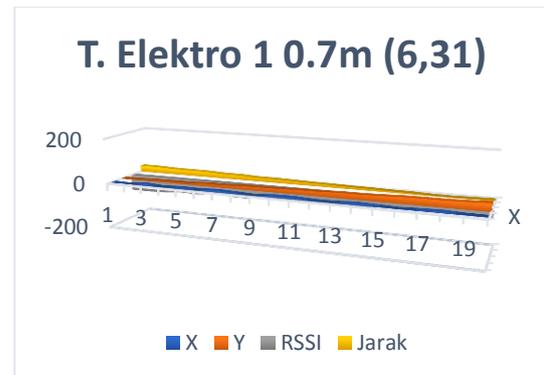
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembagian Wilayah Penelitian di Fakultas Teknik

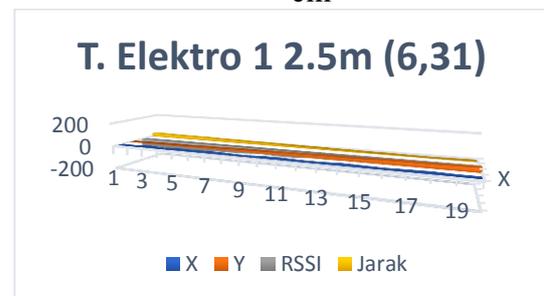
Pembagian wilayah penelitian ini berfungsi untuk mengurangi terjadinya penelitian yang berulang kali dengan kondisi ukuran bangunan dan bentuk bangunan yang sama. Dengan ketentuan menghadap Utara dan Selatan. 10 tempat sampel yang diambil di Teknik Elektro 1, Teknik Elektro 2, Teknik Mesin 1, Teknik Mesin 2, Teknik Kimia 1, Teknik Kimia 2, Teknik Sipil 1, Teknik Sipil 2, Teknik Sipil 3, dan Gedung C.

4.2 Hasil dan Analisis Pengukuran Receive Signal Strength Indicator (RSSI)

Kekuatan signal RSSI yang dipancarkan maupun diberikan oleh transmitter si *Access Point* sangat berpengaruh pada merk *Access Point*, ketinggian, jarak, koordinat posisi *Access Point* dan jarak antara *receiver* dengan *Access Point*. Hasil penelitian menunjukkan data-data yang bervariasi pada permodelan *system* yang akan diimplementasikan ke dalam sebuah aplikasi yakni menggunakan Matlab. Parameter utama yang menentukan posisi ter-optimalnya adalah jarak, ketinggian dan RSSI dan pastinya dengan kondisi propagasi LOS yang mengambil cakupan area di dalam ruangan (*indoor*). Hasil pengukuran RSSI yang sudah didapatkan akan mendapatkan rata-rata penerima sinyal sesuai ketinggian yang sudah ditentukan tergantung pada pemancar *signal* dan penerima si *receiver*. Dengan mengambil sampel pada dua ketinggian yakni 250 cm dan 70 cm. Dengan nilai rata penerima sinyal terdapat pada Tabel 1.



Gambar 2. Hasil pengukuran ketinggian 70 cm



Gambar 3. Hasil pengukuran ketinggian 250 cm

Tabel 1 Rata-rata penerimaan sinyal pada koordinat access point (6,31)

Tinggi AP (cm)	Jumlah Penerima (<i>receiver</i>)	Rata-rata Sinyal yang diterima (dBm)
70	20	-52.35
250	20	-47.05

4.3 Pemodelan berdasarkan posisi Access Point sebenarnya

Pada pemodelan posisi *access point* sebenarnya ini, akan dilakukan beberapa proses yang akan menggunakan persamaan sebelumnya. Dan nilai yang didapatkan nanti adalah titik ukur *coverage area* yang dapat dijangkau oleh *access point* tersebut, jika sudah luas maka tidak perlu dilakukan optimalisasi. Tabel 2 menunjukkan nilai sampel pada Teknik Elektro 1.

Tabel 2 Nilai Sampel Pada Teknik Elektro 1

Th	:	-30 dBm
Smax	:	28.5 meter
Pmin (cm)		
Tinggi AP 250	:	-47.05 dBm
Tinggi AP 70	:	-52.35 dBm
Skala Ruang	:	50 cm

Karena posisi AP 250 cm yang lebih mendominasi untuk mendapatkan sinyal maka nilai yang digunakan adalah -47.05 dBm.

$$S = \frac{-30 \times 28.5}{-47.05}$$

$$S = 18.17 \text{ meter}$$

$$S = 1817 \text{ cm}$$

$$\text{Range} = \frac{S}{50}$$

$$\text{Range} = \frac{1817}{50}$$

$$\text{Range} = 36.34 \text{ satuan pixel}$$

4.4 Optimalisasi Manual menggunakan Metode Simulated Annealing

Pencarian titik koordinat terbaik untuk mendapatkan posisi terbaik dalam penelitian ini menggunakan metode *simulated annealing* dan dibawah ini akan dijelaskan secara singkat langsung didapatkan titik terbaiknya yang sudah dilakukan beberapa kali perulangan/iterasi dilembar lain untuk pencarian titiknya. Titik-titik koordinat terbaiknya adalah dengan perhitungan dibawah ini dengan sampel T. Elektro 1 (8m x 36m) yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Optimalisasi Nilai Random menggunakan *Simulated Annealing*

N	x1	y1	x2	y2	(x1-x2) ²	(y1-y2) ²	sqrt(D+E)
1	4	18	2	3	4	225	15,132746
2	4	18	0	4	16	196	14,56022
3	4	18	7	6	9	144	12,369317
4	4	18	1	7	9	121	11,401754
5	4	18	5	7	1	121	11,045361
6	4	18	3	11	1	49	7,0710678
7	4	18	7	11	9	49	7,6157731
8	4	18	4	15	0	9	3
9	4	18	0	16	16	4	4,472136
10	4	18	6	17	4	1	2,236068
11	4	18	7	19	9	1	3,1622777
12	4	18	2	20	4	4	2,8284271
13	4	18	2	23	4	25	5,3851648
14	4	18	7	23	9	25	5,8309519
15	4	18	4	25	0	49	7
16	4	18	1	28	9	100	10,440307
17	4	18	4	29	0	121	11
18	4	18	6	29	4	121	11,18034
19	4	18	2	31	4	169	13,152946
20	4	18	2	35	4	289	17,117243
Area Tercover							176,0021

Nilai Area Ter-cover adalah nilai yang di-inisialisasikan sebagai *New Distance*

$$\text{New RSSI} = \frac{\text{Threshold}}{\text{First Range}} \times \text{NewDistance}$$

$$\text{New RSSI} = \frac{-30}{36,34} \times 176,0021$$

$$\text{New RSSI} = -145,296$$

Persentase Coverage Area

$$= \frac{(\text{Luas Area} - \text{Area Tercover})}{\text{Luas Area}} \times 100\%$$

Persentase Coverage Area

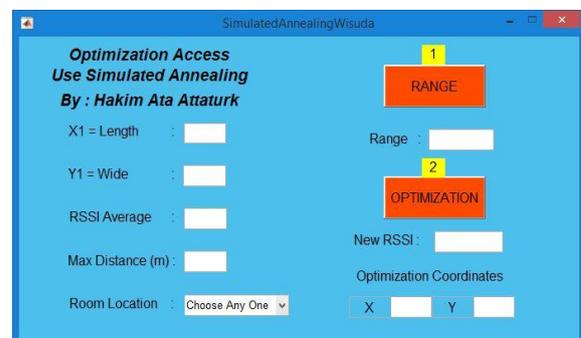
$$= \frac{(288 - 176,0021)}{288} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Coverage Area} = 38,8\%$$

Posisi *transmitter* atau *access point* yang terbaik diperoleh pada titik koordinat (4,18) dengan melakukan beberapa kali perulangan secara acak dan random.

4.5 Implementasi Program Aplikasi Pada Matlab

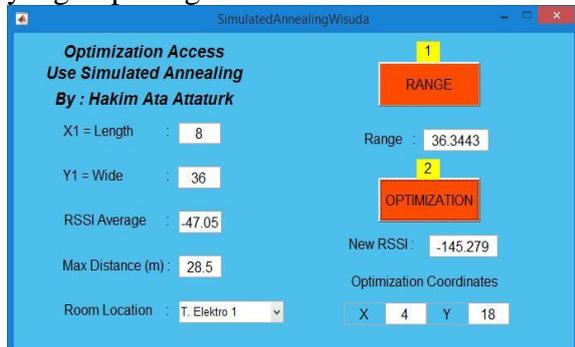
Proses pengujian dan implementasi *system* akan dilakukan pada salah satu perangkat lunak, yakni Matlab 2017b. Implementasi *system* ini berdasarkan arsitektur yang telah dirancang sesuai *flowchart*. Tampilan GUI untuk inputan apa saja yang akan diproses di dalam aplikasi Matlab ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Menu Utama GUI

Optimalisasi *Simulated Annealing* pada Teknik Elektro 1 sebagai mana terlampir pada Gambar 5 yang

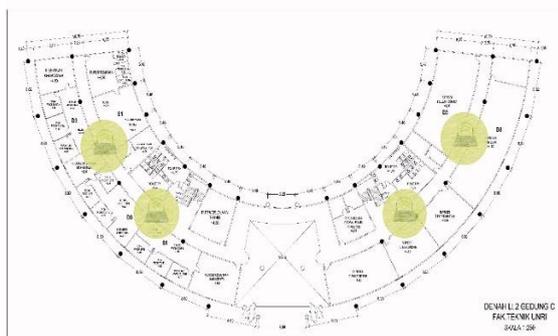
menjelaskan Titik Koordinat terbaiknya terdapat pada (4,18) sesuai koordinat yang telah ditetapkan. Proses ini telah dilakukan iterasi perulangan secara random hingga didapatkan nilai minimum *coverage area* yang dapat dijangkau oleh *access point* yang terpasang.



Gambar 5. Optimalisasi SA Teknik Elektro 1

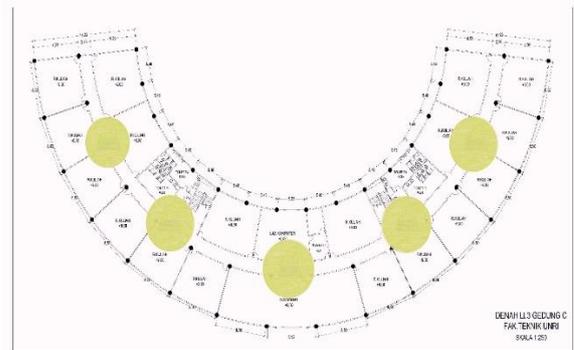
4.6 Posisi Kedudukan Access Point Optimal

Posisi kedudukan *access point* akan ditunjukkan beragam posisi sesuai proses yang telah dilakukan dengan metode *simulated annealing*. Pada gambar 6. menampilkan posisi kedudukan *access point* optimal pada Lantai 2 Gedung C Fakultas Teknik.



Gambar 6. Posisi Access Point pada Lantai 2 Gedung C Fakultas Teknik UNRI

Pada gambar 7. menunjukkan posisi optimal *access point* yang akan dipasang pada Lantai 3 gedung C Fakultas Teknik.



Gambar 7. Posisi Access Point pada Lantai 3 Gedung C Fakultas Teknik UNRI

Pada gambar 8. menunjukkan posisi optimal *access point* yang akan dipasang pada Lantai dasar di Fakultas Teknik Universitas Riau.



Gambar 8. Posisi Access Point Fakultas Teknik

5. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian hasil pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa :

1. Penggunaan metode *simulated annealing* dalam penerapan optimalisasi peletakan *access point* sangatlah bermanfaat dibandingkan meletakkan perangkat secara asal ataupun secara random

2. Persentase *coverage area* yang dapat dijangkau total setelah dilakukan optimalisasi menggunakan Metode *Simulated Annealing* sebesar 65.233%.
3. Posisi-posisi optimal yang didapatkan dari 10 sampel akan diterapkan dibangun dengan ukuran yang sama dengan kondisi ketinggian 250 cm. Faktor ketinggian terlihat jelas dari segi interferensi gangguan sinyal pada propagasi LOS.

Daftar Pustaka

- Asyani, Sindie V dan Tri R. 2014. *Transceiver Audio Wireless One Point to Multipoint untuk Laboratorium Bahasa*. Telekontran. Vol. 2 No. 1. Penerbit Universitas Komputer Indonesia. Bandung. pp 63-64.
- Basuki, Huda dan Santoso. 2004. *Modeling dan Simulasi*. Penerbit IPTAQ Mulia Media. Jakarta Selatan. Pp 103,105,107-18
- Puspitasari, Nila Feby dan Reza Pulungan. 2014. *Optimisasi Penempatan Posisi Access Point pada Jaringan Wi-Fi Menggunakan Metode Simulated Annealing*. Citec Journal. Vol. 2 No. 1. Penerbit STMIK AMIKOM. Yogyakarta. pp 51-64
- Shiddiq, Hafid AS, dkk. 2015. *Simulated Annealing Algorithm Implementation In Production Scheduling To Minimize Makespan (Case Study in PT. Gatra Mapan,, Karang Ploso, Malang)*. Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri. Vol. 03 No. 1. Penerbit Universitas Brawijaya. Malang. pp 43-45.
- Thiang, Dhanny Indrawan. 2009. Implementasi Metode *Simulated Annealing* pada Robot Mobil Untuk Mencari Rute Terpendek. (diakses 20 November 2018 pukul 11.08 WIB).
- Thomas, Tom. 2005. *Network Security First-Step*. Penerbit Andi. Yogyakarta. pp 200-234.