

Aplikasi *Indoor Positioning System* Menggunakan Android dan *Wireless Local Area Network* Dengan Metode *Fuzzy Logic Indoor Positioning System*

Dennis Yuputra Permana¹, Andreas Handoyo², Justinus Andjarwirawan³
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121 – 131 Surabaya 60236
Telp. (031) – 2983455, Fax. (031) - 8417658
E-mail: dniz_dark@yahoo.com¹, handoyo@petra.ac.id², justin@petra.ac.id³

ABSTRAK: Banyaknya ruangan dan luas gedung pada perkantoran atau mal seringkali menyulitkan pengunjung untuk mengetahui lokasi pengunjung saat ini, menemukan lokasi suatu tempat dan rute untuk menuju lokasi tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat sebuah aplikasi android yang dapat memetakan posisi pengguna dengan menggunakan *wireless LAN* dan pencarian rute menuju suatu lokasi. Metode yang digunakan untuk penentuan lokasi adalah *Fuzzy Logic Indoor Positioning System* yang dikombinasikan dengan *Location Fingerprinting*, sedangkan untuk pencarian rute digunakan *Iterative Deepening A**. Metode ini terdiri atas 2 tahap, yaitu tahap *offline* dan *online*. Pada tahap *offline*, dilakukan *survey* terhadap lokasi yang bersangkutan untuk mengumpulkan data *survey*, yang berupa data *Received Signal Strength (RSS)* dari setiap *access point* yang terpasang. Sedangkan pada tahap *online*, pengguna mengirimkan data *RSS* ke *server* untuk ditentukan posisinya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses penentuan letak sangat bergantung pada data *fingerprint* yang dikumpulkan pada tahap *offline*. Sedangkan *RSS* yang merupakan data *survey* utama, sangat sensitif terhadap kondisi lingkungan. Peningkatan akurasi hasil penentuan letak dapat dicapai dengan menambah jumlah *Access Point (AP)* dan jumlah *Reference Point (RP)* yang optimal. Aplikasi ini nantinya dapat dikembangkan sehingga dapat digunakan ketika di dalam gedung maupun di luar gedung.

Kata kunci: *Indoor Positioning System, Path Finding, Wireless LAN, Fuzzy Logic Indoor Positioning System, Iterative Deepening A* Search Algorithm*

ABSTRACT: A large and spacious room in an office building or a mall is often make it difficult for visitors to know their current location, to find the location of a place and route to that location. Therefore, this research develop an android application which can map the position of the user by using *wireless LAN* and path finding into a single location. The method used for determining the location is *Fuzzy Logic Indoor Positioning System* in combination with the *Location Fingerprinting*, while for routing use *Iterative Deepening A**. This method consists of two stages: *offline* and *online* phases. In the *offline* stage, conducted a survey of the site in question to collect survey data, which is data *Received Signal Strength (RSS)* of each *access point* installed. While in the *online* phase, the user sends data to the server for a specified *RSS* position.

The test results showed that the process of determining the location of the fingerprint is very dependent on the data collected in offline phase. While the RSS which is the primary survey data, are very sensitive to environmental conditions. Improved accuracy of the results of the determination of the location can be achieved by increasing the number of the Access Point (AP) and the amount of the Reference Point (RP) is optimal. These applications will be developed that can be used while inside the building and outside the building.

Keywords: *Indoor Positioning System, Path Finding, Wireless LAN, Fuzzy Logic Indoor Positioning System, Iterative Deepening A* Search Algorithm*

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya, gedung-gedung bertingkat menyediakan sistem layanan informasi yang dapat dimanfaatkan oleh pengunjung untuk mendapatkan informasi dan lokasi tujuan. Sistem layanan informasi pada umumnya berbentuk pos – pos layanan informasi yang dijaga oleh petugas. Pengunjung yang membutuhkan informasi dapat datang dan menanyakan informasi yang ingin diketahuinya kepada petugas. Namun pada kenyataannya terdapat beberapa permasalahan seperti dibutuhkan waktu yang relatif lama dalam mencari informasi yang dibutuhkan, informasi yang diberikan petugas belum tentu akurat dan kurang detail. Sehingga banyak pengunjung yang masih kesulitan mencari informasi yang dibutuhkannya.

Seiring dengan maraknya penggunaan sistem *wireless LAN* di berbagai lingkungan terutama indoor, seperti sekolah, universitas, dan tempat perbelanjaan. Timbul ide mengenai penggunaan *access point* sebagai solusi untuk memberikan informasi posisi dari pengguna dalam lingkungan indoor, namun *access point* tidak dapat memberikan informasi posisi pengguna secara langsung.

Oleh karena adanya permasalahan di atas maka dibutuhkan sebuah indoor positioning system dengan bantuan komputer yang dapat memberikan informasi posisi pengguna menggunakan android device dengan akurat menggunakan *fuzzy logic indoor positioning system*, menyediakan lokasi ruangan beserta informasi dari ruangan tersebut dan memberikan rute untuk menuju ke lokasi tersebut menggunakan *iterative-deepening A* (IDA*) search algorithm*.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Metode Fuzzy Logic Indoor Positioning System

Teori Fuzzy telah banyak digunakan sejak teori himpunan fuzzy diterbitkan oleh Zadeh pada tahun 1968. Teori fuzzy dapat digunakan untuk merancang sebuah *fuzzy logic indoor positioning system* untuk menentukan posisi objek [1]. Proses *Positioning* dibagi menjadi dua tahap, *offline* dan *online*. Pada tahap *offline* dilakukan pengambilan data *survey* dari beberapa lokasi. *Fingerprint* mewakili *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dari tiap *reference point* atau *access point*.

Pada tahap *online*, *fingerprint* dari *node k* yang memiliki nilai RSSI terdekat dengan nilai dari *target node* ditemukan. *Node k* ini merupakan *k Nearest Neighbors* (NNs). NNs ditentukan dengan membandingkan *Euclidean distance* dari nilai RSSI [2]. *Euclidean distance* didapat dengan persamaan 1.

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^n (RSSI_{Ti} - RSSI_i)^2} \quad (1)$$

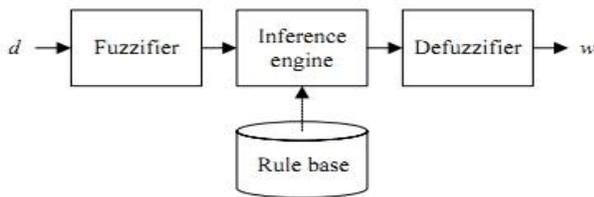
Dimana:

d = *Euclidean distance*

$RSSI_{Ti}$ = nilai RSSI dari tahap *online*

$RSSI_i$ = nilai RSSI dari tahap *offline*

FLIPS adalah *indoor positioning system* yang menggunakan *Fuzzy Inference Engine* (FIS) untuk memperkirakan lokasi dari target. RSSI digunakan untuk menghitung jarak target dari *reference point* atau *access point*. Jarak target yang diperoleh digunakan oleh FIS untuk menghitung *weight* yang akan digunakan dalam penghitungan koordinat target. Nilai *weight* bervariasi dari 0 sampai 1. Semakin jauh *reference point* dari target, maka semakin kecil *weight*.



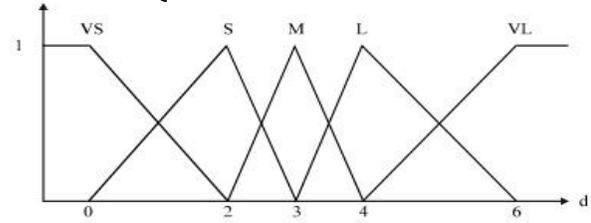
Gambar 1 Fuzzy logic system [1]

Pada FLIPS, bobot koordinat masing – masing sensor akan ditentukan oleh *fuzzy logic system*. Mekanisme *fuzzy* digambarkan sebagai berikut:

- *Fuzzifier: triangular membership function.*

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear) [3]. Fungsi keanggotaan kurva Segitiga dapat dilihat pada persamaan 2.

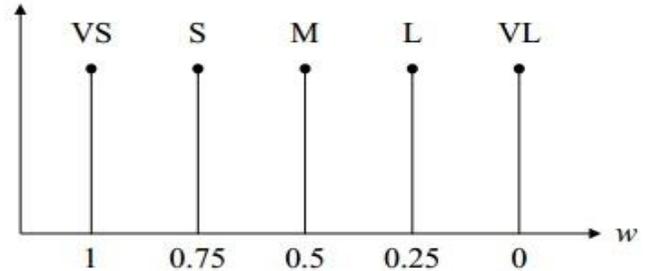
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ (b - x) / (c - b); & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2)$$



Gambar 2 Input Membership Function [1]

- *Inference engine: sugeno method.*

Terdapat 5 *rules* pada *inference engine* yaitu (1) jika jarak sangat kecil (VS) maka bobot sangat besar (VL), (2) jika jarak kecil (S) maka bobot besar (L), (3) jika jarak sedang (M) maka bobot sedang (M), (4) jika jarak besar (L) maka bobot kecil (S), (5) jika jarak sangat besar (VL) maka bobot sangat kecil (VS) [4].



Gambar 3 Output Membership Function [1]

- *Defuzzier: weighted average method.*

Weight didapat menggunakan menggunakan metode *weighted average* (persamaan 3)

$$z = \frac{\text{apred}_1 * z_1 + \text{apred}_2 * z_2 + \text{apred}_3 * z_3 + \text{apred}_4 * z_4 + \text{apred}_5 * z_5}{\text{apred}_1 + \text{apred}_2 + \text{apred}_3 + \text{apred}_4 + \text{apred}_5} \quad (3)$$

Dimana:

apred_i = *output membership function*

z_i = *output inference engine*

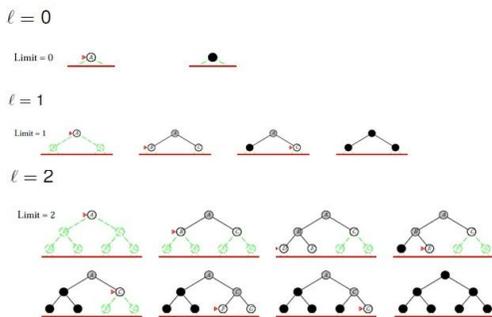
Penggunaan variabel *crisp output* (*singleton fuzzy*) untuk bobot sensor masing – masing dilambangkan dengan w . *Membership function* dan *singleton fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3. Nilai dari *membership function* bervariasi dari 0 ke 1. Variabel *linguistic* dibagi menjadi lima *subset fuzzy* sebagai berikut: VS berarti sangat kecil, S berarti kecil, M berarti sedang, L berarti besar dan VL berarti sangat besar. FLIPS dirancang untuk memperkirakan lokasi obyek berdasarkan jarak antara obyek dengan sensor, maka digunakan *fuzzy output* dari semua sensor untuk menghitung koordinat (x_c, y_c) dari obyek dengan persamaan (4) dan (5) dimana N adalah jumlah sensor.

$$x_e = \frac{x_1 \cdot w_1 + \dots + x_N \cdot w_N}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad (4)$$

$$y_e = \frac{y_1 \cdot w_1 + \dots + y_N \cdot w_N}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad (5)$$

2.2 Metode Iterative Deepening A*

Iterative-Deepening A* (IDA*) search algorithm adalah pengembangan dari A* search algorithm yang dikombinasikan dengan iterative deepening search. IDA* search algorithm merupakan best-first searches yang optimal dalam hal solution cost, time, dan space. Prinsip algoritma iterative deepening search adalah melakukan depth-limited search secara bertahap dengan nilai l yang incremental [5]. Contoh cara kerja iterative deepening search dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Contoh iterative deepening search
Sumber: Russel, Stuart J; Norvig, Peter. (2003). *Artificial Intelligence : A Modern Approach 2nd Edition*

Pada metode IDA* search algorithm digunakan fungsi evaluasi yang sama seperti metode A* yaitu sebagai berikut:

$$f(n) = g(n) + h(n) \quad (6)$$

Dimana:

f(n) = estimasi total cost suatu path dari node awal ke node tujuan melalui node n

g(n) = cost dari suatu path untuk mencapai node n dari node awal

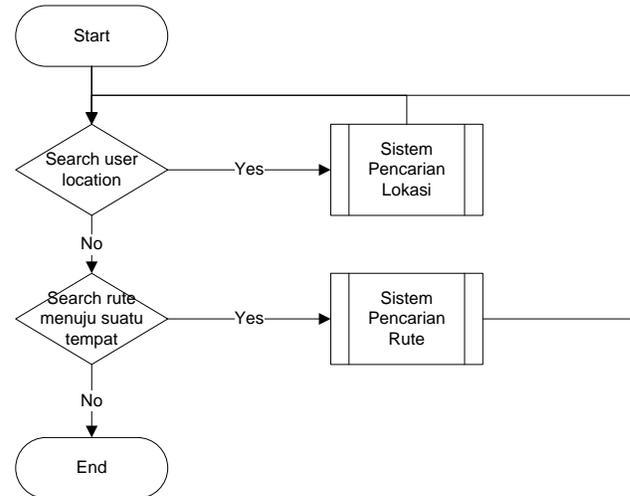
h(n) = estimasi cost suatu path

Cara kerja IDA* adalah sebagai berikut : (1) nilai threshold ditentukan; (2) f(n) = g(n) + h(n) dihitung pada tiap iterasi; (3) jika f(n) <= threshold maka node di-expand; (4) jika f(n) > threshold maka node di-prune; (5) jika goal node tercapai dengan price lebih kecil maka nilai threshold dikembalikan; (6) jika seluruh iterasi telah berakhir tanpa mencapai goal node maka dimulai iterasi lain dengan nilai threshold yang lebih besar; (7) nilai threshold yang baru adalah nilai minimum dari node yang di-prune pada iterasi sebelumnya; (8) nilai threshold untuk iterasi pertama diatur ke nilai pada keadaan awal.

3. DESAIN SISTEM

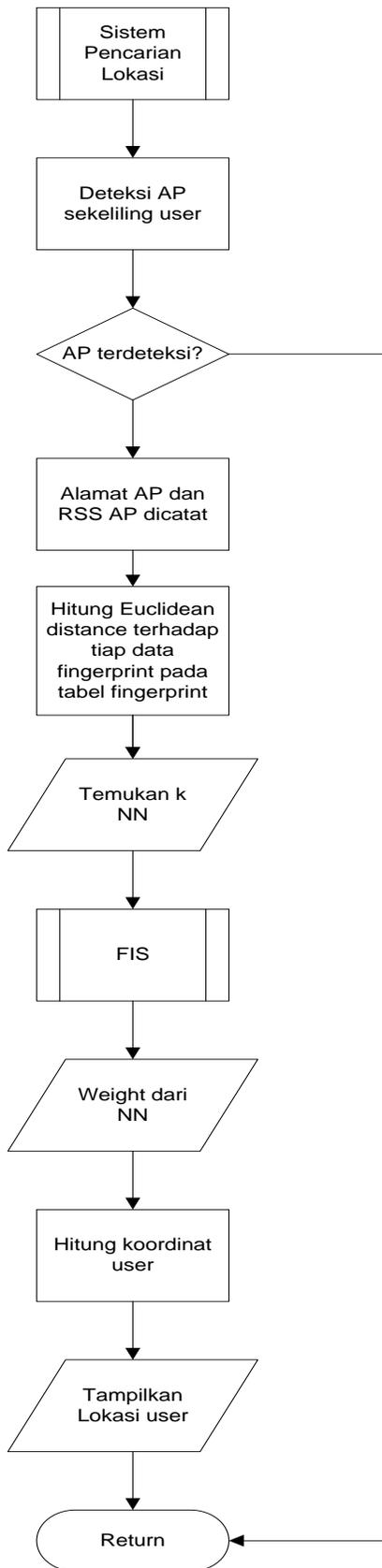
3.1 Flowchart

Pada tahap online user dapat mencari lokasi tempat user berada saat itu, serta mencari rute ke suatu lokasi menggunakan aplikasi indoor positioning system. Gambar 5 adalah flowchart system tahap online.

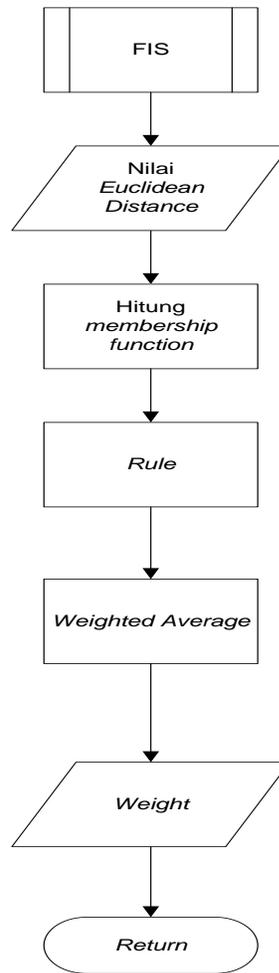


Gambar 5 Flowchart Sistem Tahap Online

Sistem ini mencari AP yang ada di sekitar client dan alamat MAC dari AP yang terdeteksi diperiksa apakah termasuk di antara 4 AP yang telah di-deploy untuk sistem pemetaan. Bila AP itu termasuk di antara 4 AP yang telah di-deploy, maka alamat MAC dan RSS dari AP tersebut dicatat dan dikirimkan ke server. Sistem menghitung Euclidean distance dari data RSS yang telah dikirimkan oleh user dengan data fingerprint yang telah di-survey sebelumnya untuk mendapatkan nearest neighbor (NN). Euclidean distance dari NN kemudian dimasukkan kedalam Fuzzy inference system (FIS) sebagai input. Pada FIS nilai dari Euclidean distance dihitung membership function-nya dimasukkan ke dalam rule dan kemudian dihitung weight menggunakan weighted distance inverse. Dari output FIS nantinya akan didapat weight yang akan digunakan untuk menghitung koordinat posisi user yang akan ditampilkan. Berikut adalah contoh perhitungan Euclidean distance, fuzzy logic, dan penentuan koordinat user. Gambar 6 adalah flowchart sistem pencarian lokasi.



Gambar 6 Flowchart Sistem Pencarian Lokasi



Gambar 7 Flowchart Fuzzy Inference System

4. PENGUJIAN SISTEM

4.1. Pengujian Pencarian Lokasi

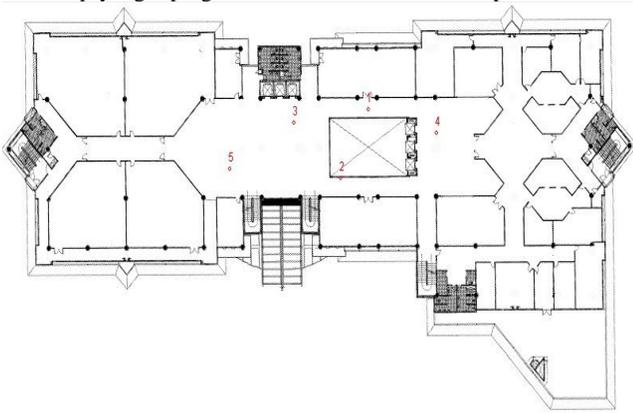
Pengujian sistem dilakukan di gedung P lantai 2 Universitas Kristen Petra Surabaya. Spesifikasi perangkat pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut:

- A. Sony Xperia U
 - a. Dimensions 112 x 54 x 12 mm (4.41 x 2.13 x 0.47 in)
 - b. Size 480 x 854 pixels, 3.5 inches
 - c. 512 MB RAM
 - d. Android OS 4.0.4 (Ice Cream Sandwich)
- B. 1 Access Point PROXIM AP-700-UG
- C. 1 Access Point PROXIM AP-4000
- D. 1 Access Point Buffalo WHR-G125

Secara umum, pengujian sistem dilakukan dengan konfigurasi yang seragam, sehingga hasil pengujiannya bisa dibandingkan. Berikut adalah konfigurasi sistem secara umum.

- A. Pengujian sistem dilakukan dengan memegang Android *device* dalam posisi tegak.
- B. Pengujian dilakukan pada lantai 5 dengan 5 posisi uji yang ditentukan secara acak yang ditunjukkan pada Gambar 8.

- C. Pada setiap pengujian, nilai RSS yang diambil adalah nilai pertama yang diambil oleh *device*.
- D. *Map* yang dipergunakan berukuran 800 x 400 piksel.



Gambar 8. 10 Posisi Uji untuk Pengujian Sistem pada Lantai 5

Tabel 1 berisi informasi lebih detail mengenai setiap posisi uji yang digunakan dalam pengujian sistem dengan *map* berukuran 800 x 400 piksel.

Tabel 1 Informasi Posisi Uji pada Lantai 5

Posisi Uji	Posisi X	Posisi Y
1	460	102
2	425	169
3	366	115
4	546	125
5	285	160

Pada pengujian sistem ini, terdapat beberapa nilai yang dapat digunakan sebagai parameter untuk menguji sistem, yaitu:

- A. Validitas, di mana pengujian dianggap valid apabila selisih jarak yang dihasilkan oleh sistem lebih kecil dari 56 piksel dalam koordinat peta atau sama dengan 10,08 meter.
- B. Rata-rata selisih jarak pada suatu posisi.
- C. Standar deviasi atau simpangan baku dari selisih jarak secara keseluruhan

Pada pengujian ini, perbedaan algoritma penentuan lokasi diuji pengaruhnya terhadap akurasi sistem penentuan letak. Berikut adalah beberapa konfigurasi tambahan yang digunakan:

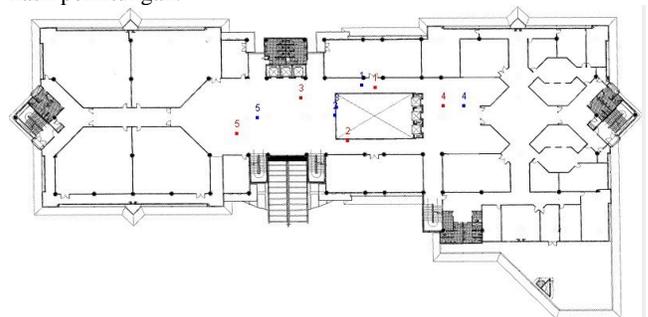
- A. Android *device* Sony Xperia U sebagai client
- B. Algoritma penentuan lokasi yang diujikan: *Fuzzy Logic Indoor Positioning System* (RP), *Fuzzy Logic Indoor Positioning System* (AP) dan *Fingerprinting*

Tabel 2 menunjukkan hasil dari pengujian yang dilakukan untuk membandingkan algoritma penentuan lokasi yang digunakan, yaitu *fuzzy logic indoor positioning system* (RP), *fuzzy logic indoor positioning system* (AP) dan *fingerprinting*.

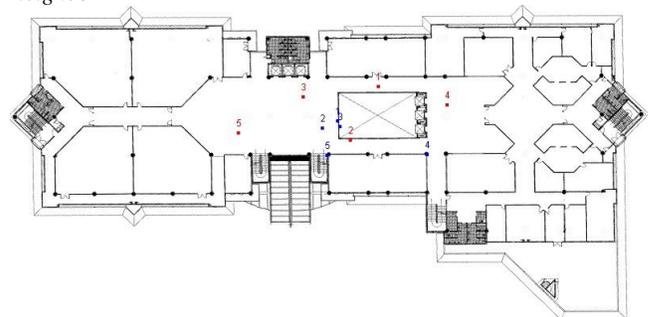
Tabel 2 Pengujian Sistem dengan Fuzzy K-Nearest Neighbor, Fuzzy Logic Indoor Positioning System dan Fingerprinting

Posisi Uji	Algoritma Fuzzy K-Nearest Neighbor (meter)	Algoritma Fuzzy Logic Indoor Positioning System (meter)	Algoritma Fingerprinting (meter)
1	3,1	12	9,1
2	6,4	6,9	17,2
3	8,4	10,6	8,8
4	4,7	12	14,2
5	5,9	20,6	14,5
Rata-Rata	5,7	12,4	12,8
Simpangan Baku	2	5	3,7

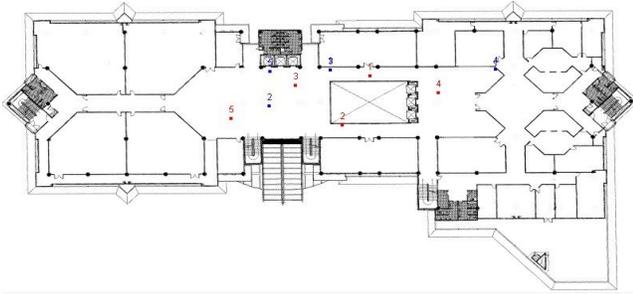
Dari hasil pengujian ini, dapat dilihat bahwa ternyata algoritma penentuan lokasi yang lebih baik adalah fuzzy k-nearest neighbor. Akurasi sistem penentuan letak dengan algoritma fuzzy logic indoor positioning system ternyata cukup rendah dibandingkan dengan fuzzy k-nearest Neighbor, dilihat dari perbandingan rata-rata selisih jarak yang jauh lebih besar. Selisih jarak dari tiap algoritma dapat dilihat pada Gambar 9 - 11. titik merah mewakili posisi uji, sedangkan titik biru mewakili posisi hasil perhitungan.



Gambar 9 Hasil Pengujian Algoritma Fuzzy K-Nearest Neighbor



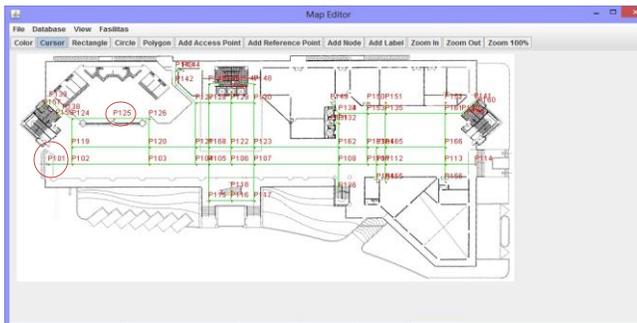
Gambar 10 Hasil Pengujian Algoritma Fuzzy Logic Indoor Positioning System



Gambar 11 Hasil Pengujian Metode *Fingerprinting*

4.2 Pengujian Pencarian Rute

Pada pengujian ini hanya melibatkan 1 lantai (1 peta), yaitu gedung P lantai 1. Dalam pengujian 1, posisi awal adalah pintu masuk depan gedung P lantai 1 (P101), sedangkan posisi tujuan adalah kantin gedung P lantai 1 (P125) yang dapat dilihat pada Gambar 12. Hasil pencarian rute yang ditampilkan dengan posisi awal (warna biru) dan posisi tujuan (warna merah) dapat dilihat pada Gambar 13..



Gambar 12 Node dan Link Node pada Lantai 1



Gambar 13 Hasil Pengujian Pencarian Rute

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Untuk menghasilkan data fingerprint yang dapat mewakili titik posisi, dibutuhkan survei lapangan untuk peletakan AP dan RP yang sesuai dengan bentuk ruangan, kondisi ruangan dan daya jangkau dari AP.
- Akurasi hasil penentuan posisi bergantung dari data fingerprint yang digunakan sebagai acuan, algoritma pencarian data yang digunakan, orientasi (arah) android device dan lokasi AP.
- Nilai RSS pada jarak yang sama dapat berbeda. Hal ini disebabkan karena selain jarak, banyak faktor lain yang mempengaruhi RSS, seperti orientasi handphone, dan kondisi lingkungan sekitar.
- Metode Iterative Deepening A* (Star) Search Algorithms yang dipakai dalam pencarian rute terpendek pada aplikasi indoor positioning system ini, dapat menghitung jarak terpendek dari semua titik lokasi yang ada ke semua titik yang disediakan.
- Aplikasi indoor positioning system ini dapat berfungsi untuk menunjukkan jalan/rute bagi user sesuai dengan yang diharapkan.
- Algoritma pencarian posisi *Fuzzy Logic Indoor Positioning System* dengan RP merupakan algoritma yang paling baik jika dibandingkan dengan *Fuzzy Logic Indoor Positioning System* dengan AP atau *Fingerprinting*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Chih-Yung; Yang, Jen-Pin; Tseng, Guang-Jeng; Wu, Yi-Huan; Hwang, Rey-Chue (2010). *An Indoor Positioning Technique Based on Fuzzy Logic*.
- Rozyyev, Azat; Hasbullah, Halabi; Subhan, Fazli; (2012). *Combined K-Nearest Neighbors and Fuzzy Logic Indoor Localization Technique for Wireless Sensor Network*.
- Kusumadewi, Sri; Purnomo, Hari. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*
- Rozyyev, Azat; Hasbullah, Halabi; Subhan, Fazli; (2011). *Indoor Child Tracking in Wireless Sensor Network using Fuzzy Logic Technique*.
- Russel, Stuart J; Norvig, Peter. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach 2nd Edition*.