

# DETEKSI LOKASI OBJEK DALAM GEDUNG BERBASIS IEEE 802.11 MENGGUNAKAN METODE K-NN

Sutarti

Sistem Komputer Fakultas Teknologi Informasi Universitas Serang Raya  
sutarti86@gmail.com

**Abstrak** - IEEE 802.11 merupakan standar jaringan nirkabel yang paling sering digunakan. Keberadaan teknologi ini sangat menarik dan dapat diaplikasikan untuk estimasi lokasi objek dalam gedung menggunakan infrastruktur WLAN dengan memanfaatkan RSS (*Received Signal Strength*) yang diperoleh dari AP yang telah tersedia. Penelitian ini difokuskan pada pemanfaatan RSS yang berasal dari AP yang terpasang di dalam dan di sekitar gedung UPY Unit I tanpa melakukan pemasangan AP tambahan. RSS *fingerprint* diambil dari lantai 2 dan lantai 3 untuk mengetahui kemampuan untuk membedakan posisi antar lantai gedung. Penentuan estimasi lokasi objek ditentukan menggunakan algoritma *k-Nearest Neighbor* (k-NN). Dari hasil penelitian diketahui bahwa algoritma k-NN dapat digunakan untuk mendeteksi lokasi objek dalam gedung bertingkat berbasis sinyal WiFi. Berdasarkan pengujian diperoleh nilai akurasi rata-rata sebesar 3,3 meter. Selain itu sistem ini juga mampu menentukan di lantai berapa posisi objek berada.

**Kata kunci:** WiFi, IEEE 802.11, RSS, k-NN, gedung bertingkat, estimasi lokasi, akurasi, *fingerprint*

## I. PENDAHULUAN

Jaringan nirkabel pada masa sekarang telah menjadi bagian penting dari infrastruktur jaringan dan telah banyak diimplementasikan di berbagai tempat. Hal ini juga didukung dengan tersedianya berbagai macam perangkat nirkabel yang dilengkapi dengan berbagai macam aplikasi yang semakin banyak ragamnya.

Teknologi jaringan nirkabel telah dimanfaatkan di berbagai bidang. Salah satu pemanfaatan teknologi jaringan nirkabel adalah dalam estimasi posisi atau lokasi suatu objek, baik di dalam ruangan (*indoor*) maupun di luar ruangan (*outdoor*). Informasi mengenai lokasi sangat penting dalam berbagai macam aplikasi, seperti navigasi personal, navigasi aset dan sebagainya.

GPS (*Global Positioning System*) sangat sesuai digunakan dalam pendeteksian lokasi di luar ruang, namun kurang sesuai jika digunakan dalam ruang, karena lemah atau bahkan tidak adanya sinyal satelit. Oleh sebab itu, maka perlu adanya sistem yang stabil dan akurat dalam pendeteksian lokasi objek di dalam ruang, yang dapat digunakan di rumah, di kantor atau di gedung lainnya.

Dengan adanya pertumbuhan jaringan berbasis IEEE 802.11 yang sering disebut dengan WiFi, dan meningkatnya berbagai macam perangkat seperti laptop, telepon seluler, dan peralatan lainnya yang menggunakan Wi-Fi, pendeteksian lokasi dalam ruang menggunakan teknologi Wi-Fi akan semakin berkembang.

*Received Signal Strength* (RSS) merupakan daya sinyal radio yang diterima oleh *receiver* yang dikirim oleh *transmitter*. Pada umumnya, RSS akan berkurang sebanding dengan jarak antara *receiver* dan *transmitter* (Kupper, 2005). Jika hubungan antara jarak *receiver-transmitter* dan kekuatan sinyal

diketahui, baik secara empiris maupun analitis, maka jarak antara dua perangkat dapat diketahui. Terdapat keuntungan menggunakan RSS bagi lokalisasi dalam ruangan. Pertama, dapat diimplementasikan dalam sistem komunikasi nirkabel dengan sedikit bahkan tanpa penambahan atau perubahan perangkat keras, yang diperlukan hanyalah kemampuan untuk memperoleh dan membaca RSS. Keuntungan kedua adalah tidak perlu adanya sinkronisasi antara *transmitter* dan *receiver* (Caffery, 2000).

*k-NN* merupakan salah satu metode yang digunakan dalam klasifikasi. Algoritma *k-NN* yang sederhana dan kecepatannya yang tinggi dalam proses pelatihan dan klasifikasi membuat algoritma ini menarik untuk digunakan sebagai salah satu metode klasifikasi (Yudi Wibisono, 2008). Kelebihan *k-NN* adalah sederhana namun memiliki nilai akurasi yang cukup tinggi.

## II. LANDASAN TEORI

Memodelkan propagasi sinyal dalam ruang bukan merupakan hal yang mudah, hal ini disebabkan karena adanya *Multipath*, kurangnya *Line-of-Sight* (LOS) serta adanya parameter-parameter seperti *layout* lantai, pergerakan objek dan banyaknya bidang pantul dalam ruang (Pahlavan, dkk, 2002). Kelemahan utama dari metode berbasis propagasi adalah harus selalu memperhitungkan setiap kondisi yang mempengaruhi propagasi sinyal untuk mendapatkan lokalisasi yang akurat.

Liu, dkk (2007) telah melakukan penelitian mengenai teknik dan algoritma berbasis propagasi sinyal yang digunakan dalam lokalisasi dalam ruang. Mereka menyatakan bahwa terdapat beberapa teknik utama dalam lokalisasi dalam ruang, antara lain Triangulasi, *Location Fingerprinting* dan *Proximity*. Seiring perkembangan teknologi yang ada, teknik dan algoritma lokalisasi juga mengalami perkembangan.

### Teknologi Lokalisasi dalam Ruang

Teknologi lokalisasi dalam ruang beragam macamnya, namun secara garis besar terdapat dua pendekatan utama (H. Liu, 2007). Pendekatan yang pertama adalah membangun jaringan sistem pensinyalan dan infrastruktur yang difokuskan pada aplikasi lokalisasi nirkabel. Keuntungan dari pendekatan ini adalah memungkinkan dilakukannya kontrol terhadap spesifikasi fisik dan kualitas hasil penginderaan lokasi sesuai dengan yang dikehendaki. *Tag* (tanda pengenalan objek) dapat dirancang seefisien mungkin dan jumlah sensor dan penempatannya dapat disesuaikan dengan tingkat akurasi yang diinginkan. Kelemahan dari sistem ini adalah perlu biaya dan waktu untuk membangun infrastruktur.

Pendekatan yang kedua adalah memanfaatkan infrastruktur nirkabel yang telah ada untuk melacak lokasi target. Kelebihan dari sistem ini adalah lebih hemat dari segi biaya dan tidak memerlukan waktu khusus untuk membangun infrastruktur. Kelemahan dari sistem ini perlu algoritma yang mampu mengkompensasi rendahnya akurasi dari sistem yang telah ada.

Beberapa teknologi nirkabel telah banyak diaplikasikan pada sistem lokalisasi dalam ruang seperti GPS, RFID, jaringan seluler, UWB, WLAN, *Bluetooth*, dan teknologi lainnya.

#### WLAN (IEEE 802.11)

WLAN berbasis IEEE 802.11 merupakan standar jaringan nirkabel yang banyak digunakan pada masa sekarang ini, sehingga sangat menarik untuk digunakan pada lokalisasi dalam ruang (H. Liu, 2007). Lokalisasi berbasis RSS pada WLAN menghasilkan tingkat akurasi 3 hingga 30 m.

Bahl, dkk (2000) melakukan penelitian mengenai kekuatan sinyal dari *Access Point* 802.11. Kekuatan sinyal ini digunakan untuk membuat RADAR, yaitu sebuah sistem yang menampilkan lokalisasi berbasis *Access Point* 802.11. Teknologi ini menggunakan sistem *802.11 fingerprinting* dengan algoritma *k-NN*, dan dilakukan pada lorong sebuah bangunan kantor berukuran kecil, *RSS fingerprint* dari tiga *access point* dapat melokalisasi laptop dengan akurasi 2-3 meter dari lokasi sebenarnya.

Pada pendekatan empiris berbasis *fingerprinting*, fase pelatihan (*training phase*) terdiri atas pengukuran kekuatan sinyal di semua area bangunan. Untuk menentukan lokasi aktual, sinyal yang telah diukur dibandingkan dengan sinyal terukur pada fase pengujian. Nilai yang paling mendekati atau sekelompok nilai yang mendekati digunakan untuk mengestimasi lokasi di titik tersebut.

Untuk memperbaiki metode *fingerprinting* berbasis 802.11, Bahl, dkk (2000) mengajukan beberapa algoritma untuk memperbaiki sistem RADAR. Salah satu algoritma yang digunakan adalah algoritma *Viterbi-like* untuk pendeteksian pengguna bergerak. Algoritma ini menyertakan pola pergerakan pengguna dalam perhitungan.

### Received Signal Strength (RSS)

*Received Signal Strength* (RSS) merupakan daya sinyal radio yang diterima oleh *receiver* yang dikirim oleh *transmitter*. Pada umumnya, RSS akan berkurang sebanding dengan jarak antara *receiver* dan *transmitter* (Kupper, dkk, 2005). Jika hubungan antara jarak *receiver-transmitter* dan kekuatan sinyal diketahui, baik secara empiris maupun analitis, maka jarak antara dua perangkat dapat diketahui.

Terdapat beberapa keuntungan menggunakan RSS bagi lokalisasi dalam ruang. Pertama, dapat diimplementasikan dalam sistem komunikasi nirkabel dengan sedikit bahkan tanpa penambahan atau perubahan perangkat keras, yang diperlukan hanyalah kemampuan untuk memperoleh dan membaca RSS. Keuntungan kedua adalah tidak perlu adanya sinkronisasi antara *transmitter* dan *receiver*. Kelemahan dari RSS adalah bahwa pembacaan RSS dapat mempunyai banyak variasi yang disebabkan oleh adanya interferensi dan *multipath* dari kanal radio. Kelemahan yang lain adalah RSS mempunyai tingkat akurasi yang lebih rendah dibanding metode pengukuran berbasis waktu (Caffery, 2000).

### Fingerprinting

*Fingerprinting* merupakan metode bagi pemetaan data yang terukur, misalnya RSS ke dalam *grid-point* yang meliputi seluruh area lokalisasi. Lokasi diestimasi dari perbandingan antara pengukuran RSS secara nyata dengan pengukuran sebelumnya yang disimpan dalam *fingerprint*. *Fingerprinting* seringkali digunakan dalam lokalisasi *indoor* berbasis RSS, terutama pada saat korelasi analitis antara pengukuran RSS dan jarak sulit untuk ditentukan karena adanya *multipath* dan interferensi (Bensky, 2008).

Dalam penyusunan basisdata *fingerprint* memerlukan waktu lama, melelahkan dan rumit. Selain itu, *fingerprint* terikat pada deskripsi dan infrastruktur lingkungan *indoor* pada saat *fingerprint* dibuat, sehingga jika terdapat perubahan dalam ruangan seperti penambahan perabotan atau perubahan dinding akan mempengaruhi tingkat keakuratan dan perlu dibuat *fingerprint* yang baru.

### k-Nearest Neighbor (k-NN)

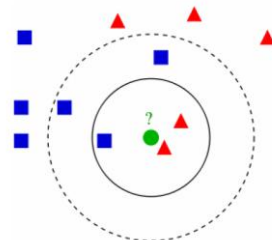
Metode *k-Nearest Neighbor* (*k-NN*) adalah sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut. Prinsip kerja *k-NN* adalah mencari jarak terdekat antara data yang akan dievaluasi dengan *k* tetangga (*neighbor*) terdekatnya dalam data pelatihan. Dekat atau jauhnya tetangga biasanya dihitung berdasarkan jarak *Euclidean* yang persamaannya adalah sebagai berikut:

Untuk  $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$  dan  $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$  maka:

$$\text{Jarak} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2}$$

Algoritma *k-NN* juga mempunyai kasus khusus di mana klasifikasi diprediksikan berdasarkan data pembelajaran yang paling dekat (dengan kata lain,  $k =$

1) sehingga disebut metode *nearest neighbor* (Belur V, 1991). Nilai *k* yang terbaik untuk algoritma ini tergantung pada data, namun secara umum nilai *k* sebesar 1 atau 2 memberikan hasil yang terbaik (Otsason, dkk, 2005). Nilai *k* yang tinggi akan membuat batasan antara setiap klasifikasi menjadi lebih kabur.



Gambar 1. Contoh Klasifikasi dengan *k*-NN

Gambar 1 di atas merupakan gambaran sekilas mengenai klasifikasi pada metode *k-Nearest Neighbor* (*k*-NN). Lingkaran kecil yang berwarna hijau di tengah merupakan sampel, sedangkan simbol yang berbentuk kotak menunjuk pada klasifikasi kelas pertama (*first class*) dan simbol yang berbentuk segitiga merupakan klasifikasi kelas kedua (*second class*). Jika nilai *k* dari algoritma *k*-NN yang digunakan adalah 3, maka hasil algoritma *k*-NN akan menghasilkan klasifikasi kelas kedua (*second class*) karena terdapat 2 buah segitiga dan hanya 1 buah kotak di dalam lingkaran resolusi. Sedangkan jika *k* dari metode ini diganti menjadi 5, maka metode ini akan menghasilkan klasifikasi kelas pertama (*first class*) karena terdapat 3 buah kotak dan hanya 2 buah segitiga di dalam lingkaran resolusi luar (Belur V, 1991). Aplikasi *k*-NN pada sistem estimasi lokasi objek menggunakan RSS *fingerprint* dilakukan dengan cara membandingkan jarak *Euclidean* antara nilai RSS pada pengujian dengan RSS yang ada pada *fingerprint*. Berikut adalah contoh perhitungan estimasi lokasi objek berbasis RSS *fingerprint* menggunakan metode *k*-NN.

Tabel 1. Contoh Data RSS *Fingerprint*

RSS AP 1	RSS AP 2	RSS AP 3	Lokasi
-100	-48	-72	A
-98	-49	-71	A
-95	-51	-68	B
-96	-53	-64	B
-92	-53	-74	C
-90	-55	-76	C

Misal dari pengujian diperoleh data sebagai berikut:

RSS AP 1 = -97  
 RSS AP 2 = -51  
 RSS AP 3 = -74

Data pengujian di atas dibandingkan dengan seluruh data set yang ada pada RSS *fingerprint* menggunakan persamaan jarak *Euclidean* dengan asumsi bahwa P merupakan data RSS *fingerprint* dan Q adalah RSS data pengujian, dengan perhitungan sebagai berikut:

Untuk P = (-100, -48, -72) dan Q = (-97, -51, -74)

Maka Jarak *Euclidean* =

$$\sqrt{(-100 - (-97))^2 + (-48 - (-51))^2 + (-72 - (-74))^2}$$

$$= \sqrt{(-3)^2 + (3)^2 + (2)^2}$$

$$= \sqrt{22}$$

$$= 4,690416$$

Tabel 2 merupakan hasil perhitungan jarak *Euclidean* dengan menggunakan perhitungan yang sama untuk semua data set.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Jarak *Euclidean*

RSS AP1	RSS AP2	RSS AP3	Lokasi	Jarak Euclidean
-100	-48	-72	A	4,69041576
-98	-49	-71	A	3,7416576
-95	-51	-68	B	6,3245532
-96	-53	-64	B	10,24695077
-92	-53	-74	C	5,385164807
-90	-55	-76	C	8,306623863

Jika pada *k*-NN menggunakan nilai *k*=2, maka estimasi lokasi ditentukan berdasarkan 2 tetangga terdekat (jarak *Euclidean* terkecil) sehingga dari tabel 2 dapat diketahui bahwa data pengujian.

**Perhitungan Akurasi**

Dalam sistem lokalisasi, akurasi (*location error*) adalah jarak *Euclidean* rata-rata antara lokasi estimasi dengan lokasi yang sebenarnya. Akurasi dapat juga dianggap sebagai besarnya penyimpangan dari sebuah sistem lokalisasi, sehingga jika penyimpangan semakin kecil maka sistem akan semakin baik (H. Liu, dkk, 2007). Akurasi estimasi lokasi diperoleh dengan cara menghitung jarak antara lokasi sebenarnya dengan lokasi estimasi menggunakan jarak *Euclidean* dengan persamaan sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2}$$

Tabel 2 Contoh Perhitungan Jarak *Euclidean* dan Akurasi

Koordinat Lokasi sebenarnya (x,y)	Koordinat Lokasi Estimasi (x',y')	x - x'	y - y'	Jarak Euclidean
(1,1)	(2,3)	-1	-2	2,2361
(1,2)	(2,2)	-1	0	1
(2,1)	(3,2)	-1	-1	1,4142
(2,2)	(2,2)	0	0	0
(3,1)	(1,2)	2	-1	2,2361
(3,2)	(2,3)	1	-1	1,4142
<b>Akurasi</b>				<b>1,3834</b>

Besarnya nilai akurasi secara keseluruhan diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$Akurasi = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - x'_i)^2 + (y_i - y'_i)^2}}{n}$$

dengan :

- d = jarak Euclidean
- (x,y) = lokasi sebenarnya
- (x',y') = lokasi estimasi
- n = banyaknya data pengujian

Tabel 5 merupakan contoh hasil perhitungan jarak Euclidean dan besarnya akurasi yang diperoleh dari nilai rata-rata jarak Euclidean.

### III. DESAIN DAN METODE PENELITIAN

#### Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam deteksi lokasi objek dalam gedung bertingkat berbasis WiFi adalah hasil pengukuran kekuatan sinyal (RSS) yang diterima oleh laptop dan pengukuran dilakukan di ruang dosen Fakultas Teknik, Lab. Multimedia, Lab. Dasar, Ruang 305, Ruang 306 lantai 2 dan 3 gedung B Universitas PGRI Yogyakarta. Dalam penelitian ini tidak melakukan pemasangan AP tambahan.

Data yang digunakan pada *fingerprint* adalah data yang berasal dari beberapa AP yang terpasang di gedung dan di sekitar gedung B Unit I UPY. Pengambilan data *fingerprint* dilakukan dengan ukuran *grid* masing-masing 2m x 2m.

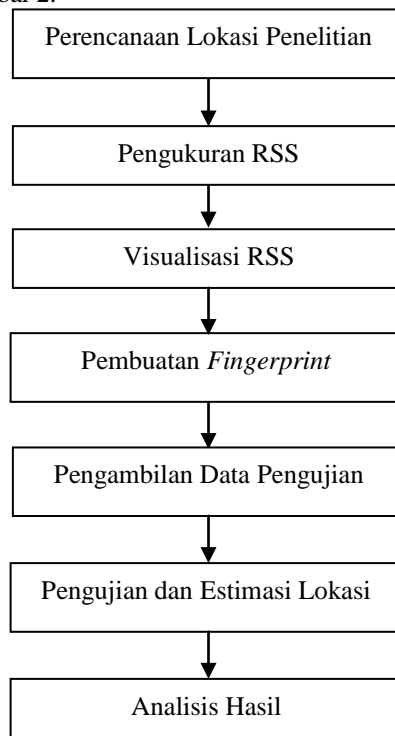
#### Alat Penelitian

Dalam melakukan penelitian mengenai deteksi lokasi objek dalam gedung diperlukan beberapa perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut:

1. Perangkat keras (*Hardware*)
  - a. *Access Point (AP)*  
AP yang digunakan dalam penelitian ini adalah AP di gedung B Unit I UPY dan sekitarnya.
  - b. Laptop Toshiba dengan seri L51  
Laptop telah dilengkapi dengan NIC berbasis IEEE 802.11g.
2. Perangkat lunak (*Software*)
  - a. *Netsurveyor*  
*Netsurveyor* digunakan untuk mengukur RSS (*Received Signal Strength*).
  - b. *Rapidminer 5.1.012*  
*Rapidminer* berfungsi sebagai *tool* untuk aplikasi *k-Nearest Neighbor (k-NN)*. Format data yang digunakan adalah format \*csv.
  - c. *Ms Excel 2007*  
Digunakan dalam pengolahan data RSS, penyusunan *fingerprint* dan perhitungan besarnya akurasi estimasi lokasi.
  - d. *CorelDraw X4*  
Digunakan dalam pembuatan denah lokasi penelitian.

#### Langkah-langkah Penelitian

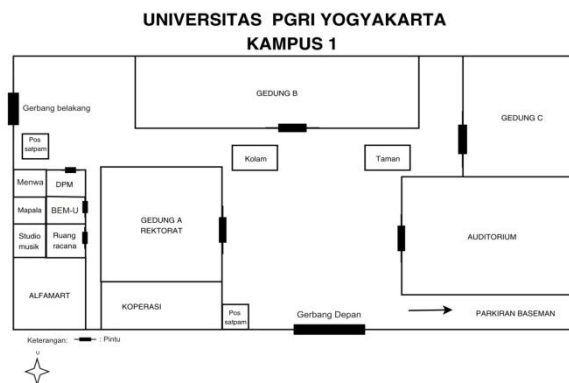
Penelitian estimasi lokasi ini terbagi ke dalam beberapa tahapan. Tahapan-tahapan tersebut adalah perencanaan lokasi penelitian, pengukuran RSS, visualisasi RSS, pembuatan *fingerprint*, pengambilan data pengujian, pengujian hingga analisis hasil. Tahapan-tahapan tersebut dilakukan sesuai dengan diagram alir seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

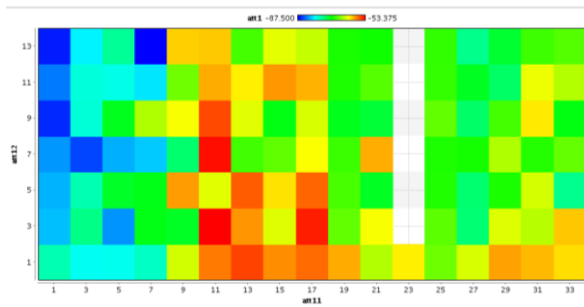
#### Perencanaan Lokasi Penelitian

Perencanaan lokasi penelitian merupakan langkah awal dalam pembuatan peta kekuatan sinyal dalam ruang yang menjadi lingkup penelitian. Ruang penelitian adalah ruang dosen Fakultas Teknik, Lab. Multimedia, Lab. Dasar, Ruang 305, Ruang 306 lantai 2 dan 3 gedung B Universitas PGRI Yogyakarta. Pada tahap ini area penelitian diukur kemudian dibagi ke dalam sel-sel dengan lebar masing-masing sel 2m x 2m meter. Hal ini dilakukan untuk membandingkan tingkat akurasi yang dihasilkan.

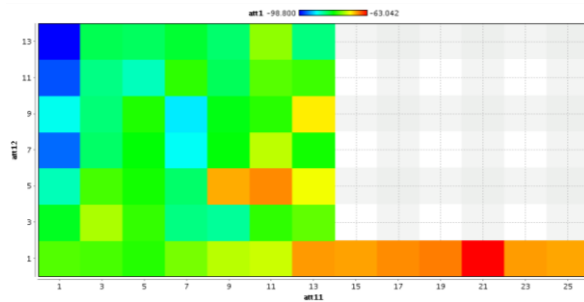


Gambar 3. Denah Universitas PGRI Yogyakarta Unit I





Gambar 6. Visualisasi RSS AP yang diterima di lantai 2 gedung B



Gambar 7. Visualisasi RSS AP yang diterima di lantai 3 gedung B

Dari gambar visualisasi terlihat bahwa nilai RSS terkuat berada di area dekat AP dan nilai RSS akan semakin melemah jika jarak dengan AP semakin jauh. Selain itu dari gambar terlihat bahwa perubahan nilai RSS tidak sama, hal ini disebabkan oleh adanya *multipath*, pantulan, pelemahan sinyal dan sebagainya yang disebabkan oleh dinding dan perabot yang ada pada bangunan. Berdasarkan kondisi tersebut, perubahan struktur dan perabot pada bangunan akan merubah nilai RSS, sehingga untuk mendapatkan estimasi yang tepat perlu dilakukan pengukuran ulang untuk mendapatkan nilai RSS yang baru.

**Kemampuan Sistem Estimasi untuk Menentukan Posisi Objek pada Gedung Bertingkat**

Berdasarkan pengujian diketahui bahwa algoritma *k-NN* dengan ukuran *grid* 2m x 2m memberikan estimasi lokasi dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Oleh karena itu pengukuran RSS *fingerprint* pada lantai 2 dilakukan dengan ukuran *grid* 2m x 2m.

Untuk mengetahui kemampuan sistem untuk mengestimasi di lantai berapa posisi objek berada, maka dilakukan beberapa pengujian di keseluruhan lantai di gedung UPY yang meliputi lantai 2 dan 3. Dari seluruh pengujian diketahui bahwa sistem 100% mampu mengestimasi dengan tepat di lantai berapa posisi objek berada.

**Akurasi Sistem Estimasi Lokasi Objek pada Gedung Bertingkat**

Untuk mengetahui besarnya akurasi sistem estimasi lokasi objek pada gedung bertingkat secara

keseluruhan maka dilakukan pengujian yang dilakukan pada semua lantai gedung dengan akurasi hasil estimasi seperti terlihat pada tabel 6 berikut.

**Tabel 6. Akurasi Estimasi Lokasi di Lantai 2 dan 3 Gedung B UPY**

Pengujian	k-NN	
	Lantai 2	Lantai 3
I	2,8	4
II	8,9	0
III	2	3
IV	0	2
V	0	1,7
Rata-rata	2,74	2,14
	Akurasi k-NN = 2,44 Meter	

Dari tabel terlihat bahwa *k-NN* mempunyai nilai akurasi sebesar 2,44 meter.

**V. PENUTUP**

**Kesimpulan**

1. Estimasi lokasi objek dalam gedung bertingkat yaitu di gedung B UPY dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi WiFi yang berbasis IEEE 802.11 yang telah ada tanpa melakukan pemasangan AP tambahan.
2. Metode estimasi lokasi objek dalam gedung bertingkat menggunakan RSS *fingerprint* 100% mampu mengestimasi dengan tepat di lantai berapa posisi objek berada.
3. Algoritma *k-NN* mampu diaplikasikan dalam sistem lokalisasi dalam ruang karena mempunyai hasil estimasi dengan tingkat akurasi sebesar 2,44 meter.

**Saran**

Algoritma *k-NN* dapat digunakan dalam sistem estimasi lokasi objek dengan hasil yang cukup baik, dengan tingkat kecepatan komputasi yang cukup tinggi. Tingkat akurasi estimasi dapat ditingkatkan dengan cara memperbanyak jumlah data pada RSS *fingerprint*. Untuk penelitian selanjutnya dapat mencoba menggunakan metode lain selain metode *fingerprint* untuk mengatasi kendala banyaknya perabotan dalam gedung.

**VI. DAFTAR PUSTAKA**

[1] Bahl, P., & Padmanabhan, V.N. (2000). RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system, in: *Proceedings of IEEE Infocom 2000*, Tel Aviv, Israel, Vol.2, pp.775–784.

[2] Beauregard, S. (2007). Omnidirectional pedestrian navigation for first responders, in: *Proceedings of the 4th WPNC, Hannover, Germany*.

- [3] Bensky, A. (2008). *Wireless Positioning: Technologies and Application, ser. GNSS technology and application series*. Artech House Publishers.
- [4] Caffery, J. (2000). *Wireless Location in CDMA Cellular Radio Systems*, Kluwer Academic Publishers.
- [5] Caffery, J., Stuber, G.L. (1998). Overview of radio location in CDMA cellular system, *IEEE Commun. Mag.*, vol. 36, no. 4, pp. 38–45, April 1998.
- [6] Castro, P., Chiu, P., Kremenek, T., & Muntz, R. (2001). A probabilistic room location service for wireless networked environments, *Ubiquitous Computing 2001*.
- [7] Chan, C.L., Baciu, G., & Mak, S.C. (2009). Using Wi-Fi Signal Strength to Localize in Wireless Sensor Networks, in: *Proceedings of International Conference on Communications and Mobile Computing*, vol 978-0-7695-3501-2/09.
- [8] Fox, D., Hightower, J., Liao, L., Schulz, D., and Borriello, G.. (2003). Bayesian filtering for location estimation, in: *Proceeding of IEEE Pervasive Computing*, vol. 02, no. 3, pp. 24–33.
- [9] Gelb, A. (1974), *Applied Optimal Estimation*, MIT Press.
- [10] Hassan, A., and Pahlavan, K. (1998). Site-specific wideband and narrowband modeling for indoor radio channel using ray-tracing, in: *Proceedings of the PMIRC'98*, Boston, MA.
- [11] Hightower, J., Want, R., & Borriello, G.. (2000). SpotON an Indoor 3D Location Sensing Technology Based on RF Signal Strength, Technical Report, University of Washington, February 2000.
- [12] Javier, R., & Carlos, J.E.C. (2010). Dynamic path-loss estimation using a particle filter, in: *IJCSI Publication*, 1694-07842010, Vol.7, Issue 3, No. 4, May 2010.
- [13] Kupper, A. (2005). *Location Based Services: Fundamentals and Operations*, John Wiley & Sons.
- [14] Liu, H., Darabi, H., Banerjee, P., & Liu, J. (2007). Survey of wireless indoor positioning techniques and systems, in: *Proceedings of IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 37, no. 6, pp. 1067–1077, November 2007.
- [15] O'Hara, B., Petrick, A. (2002). *IEEE 802.11 Handbook- A Designer's Companion*, IEEE Press.
- [16] Otsason, V., Varshavsky, A., LaMarca, A., & Lara, E. (2005). Accurate GSM indoor localization, *UbiComp 2005, Lecture Notes Computer Science*, Springer-Verlag, vol. 3660, pp. 141–158.
- [17] Pahlavan, K., Li, X., & Makela, J. (2002). Indoor geolocation science and technology, *IEEE Commun. Mag.*, vol. 40, no. 2, pp. 112–118, Feb. 2002.
- [18] Priyantha, N.B., Chakraborty, A., & Balakrishnan, H. (2000). The cricket location-support system, in: *Proceedings of the 6th ACM MobiCom*, Boston, MA pp. 32–43.
- [19] Seshadri, V., Záruba, G.V., Huber, M. (2005). A Bayesian Sampling Approach to In-door Localization of Wireless Devices Using Received Signal Strength Indication in: *Proceedings of the 3rd IEEE Int'l Conf. on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2005)*, 0-7695-2299-8.
- [20] Sirola, N. (2007). *Mathematical methods for personal positioning and navigation*, Ph.D. dissertation, Tampere University of Technology.
- [21] Tayebi, A. Gomez, J., & Gutierrez, O. (2009). The application of ray-tracing to mobile localization using the direction of arrival and received signal strength in multipath indoor environments, *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 91, 1{15}.
- [22] Tsukiyama, T. (2001). Global navigation system with RFID Tags, in: *Proceedings of the SPIE Mobile Robots Conference*, Newton, MA pp. 256–264.
- [23] Wibisono, Y. (2005). *Klasifikasi Berita Berbahasa Indonesia menggunakan Naïve Bayes Classifier*. [Online]. Tersedia di: [http://fpmipa.upi.edu/staff/yudi/yudi\\_0805.pdf](http://fpmipa.upi.edu/staff/yudi/yudi_0805.pdf) [diunduh: 1 Nov 2011].
- [24] Wu, C.L., Fu, L.C., and Lian, F.L. (2004). "WLAN location determination in home via support vector classification," in *Proc. IEEE Int. Conf. Netw., Sens. Control*, vol. 2, pp. 1026–1031.
- [25] Záruba, G.V., Huber, M., Kamangar, F.A., & Chlamtac, I. (2007). Indoor location tracking using RSSI readings from a single Wi-Fi access point, in: *Proceedings of Wireless Network (2007)* 13:221–235.