

ESTIMASI LOKASI OBJEK BERBASIS WIFI PADA GEDUNG BERTINGKAT MENGGUNAKAN METODE *NAÏVE BAYES*

Sutarti

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

Abstrak - WiFi merupakan *Wireless LAN* yang disertifikasi standar IEEE 802.11. WLAN berbasis IEEE 802.11 merupakan teknologi yang telah banyak diaplikasikan di berbagai tempat, mulai dari kampus hingga gedung-gedung perkantoran. Keberadaan teknologi ini dapat diaplikasikan untuk estimasi lokasi objek dalam gedung tersebut 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 JTETI UGM tanpa melakukan pemasangan AP tambahan. Pengukuran RSS fingerprint dilakukan dengan empat arah berbeda yaitu Utara, Timur, Selatan dan Barat menggunakan *grid-area* 1m x 1m and 2m x 2m. Estimasi lokasi objek ditentukan menggunakan algoritma *Naïve Bayes* dan *k-Nearest Neighbor* (k-NN) sebagai pembanding. Metode *Naïve Bayes* menggunakan *grid-area* 1m x 1m memberikan hasil estimasi lokasi dengan akurasi tertinggi. Orientasi pengukuran yang berbeda memberikan hasil estimasi lokasi yang berbeda. Selain itu sistem ini juga mampu menentukan di lantai berapa posisi objek berada.

Kata Kunci: *IEEE 802.11, RSS, estimasi lokasi, Naïve Bayes, k-NN, orientasi, akurasi, fingerprint*

I. PENDAHULUAN

Jaringan nirkabel (*wireless network*) pada masa sekarang telah menjadi bagian penting dari infrastruktur jaringan dan telah banyak diimplementasikan di berbagai tempat seperti perkantoran, bandara, mall, rumah sakit, kampus dan lain sebagainya. 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 pendeteksian 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, dan meningkatnya berbagai macam perangkat seperti laptop, telepon seluler, dan peralatan lainnya yang berbasis WLAN, pendeteksian lokasi dalam ruang menggunakan teknologi berbasis IEEE 802.11 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* [1]. 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 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* [2].

Salah satu karakteristik penting dari RSS adalah orientasi yang berbeda memberikan nilai RSS yang berbeda [3]. RSS yang berbeda disebabkan oleh *multipath* dan pelemahan (*attenuation*) yang juga berbeda.

Naïve Bayes merupakan salah satu metode yang digunakan dalam klasifikasi. Algoritma *Naïve Bayes* yang sederhana dan kecepatannya yang tinggi dalam proses pelatihan dan klasifikasi membuat algoritma ini menarik untuk digunakan sebagai salah satu metode klasifikasi [4]. Kelebihan *Naïve Bayes* adalah sederhana namun memiliki nilai akurasi yang cukup tinggi.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Teknik Penentuan Lokasi

Sistem lokalisasi yang sudah sangat terkenal adalah GPS (*Global Positioning System*) [6]. *GPS Receiver* dapat mengestimasi lokasi dengan cara mengukur propagasi jarak (*range*) waktu sinyal radio dari beberapa satelit ke *receiver*. GPS mempunyai tingkat akurasi yang cukup tinggi, namun kurang sesuai jika digunakan pada lingkungan urban yang padat, dalam ruangan dan area dengan vegetasi yang padat dan tinggi. Hal ini disebabkan adanya keterbatasan *line-of-sight*. Selain itu GPS juga tidak handal dalam konteks *pervasive computing*.

Beberapa produsen telepon seluler telah mengintegrasikan unit GPS [7] ke dalam telepon. Teknik yang disebut *Assisted GPS* (A-GPS) digunakan untuk mempercepat waktu lokalisasi yang diperlukan oleh telepon seluler untuk melokalisasi keberadaannya. *Indoor GPS* memerlukan *repeater GPS* yang mahal yang diletakkan dalam bangunan agar perangkat GPS dapat berfungsi untuk lokalisasi dalam ruang. Teknik ini masih berbasis *trilateration*, yang tidak memperhatikan perambatan sinyal yang kompleks dalam bangunan, sehingga hanya sesuai untuk ruangan lebar dan kosong,

atau diperlukan banyak *repeater GPS* untuk meningkatkan keakurasian.

Sistem lokalisasi dalam ruang telah dibuat menggunakan berbagai macam teknologi. *Active Badge* [8], *PARCTab* [9], yang kemudian diikuti dengan sistem komersial seperti *Versus* menggunakan pemancar inframerah dan detektor yang mampu menerima sinyal dengan tingkat keakurasian 5-10 meter. *Active Badge* memanfaatkan sinyal inframerah untuk pensinyalan antara *badge* dan sensor. Sinyal yang dipancarkan beroperasi dengan jangkauan hingga 6 meter, dan tidak dapat menembus dinding. Sensor harus dipasang minimal satu di setiap ruangan, dan lebih dari satu untuk ruang yang lebih besar atau ruangan yang kompleks.

Cricket [10] dan *Active Bat* [11] menggunakan sinyal ultrasonik untuk mengestimasi lokasi. *Cricket* yang dibuat di MIT pada tahun 2000 ini memungkinkan *node* statis dan *node* bergerak untuk menentukan lokasi fisik *node* tersebut dengan menggunakan *listener* yang mendengar dan menganalisa informasi *beacon beacon* yang berada dalam bangunan. Berbeda dengan *Active Badge*, penentuan lokasi ditentukan oleh perangkat yang dibawa oleh pengguna. Berdasarkan pada kepadatan infrastruktur dan tingkat kalibrasi, sistem ultrasonik mempunyai tingkat akurasi dari beberapa meter hingga beberapa sentimeter.

Radio Frequency ID (RFID) juga telah diimplementasikan dalam sistem lokalisasi, seperti *SpotON* [12] dan *Landmark* [13] dan solusi komersial seperti *PinPoint* untuk menampilkan lokalisasi tiga dimensi menggunakan pengukuran kekuatan sinyal. Pemancar dan penerima *Ultra-wideband* juga telah digunakan untuk mendapatkan lokalisasi dalam ruang dengan tingkat keakurasian yang tinggi.

Kelemahan dari semua sistem di atas adalah sistem tersebut memerlukan infrastruktur khusus untuk setiap area di mana lokalisasi digunakan. Sistem berbasis *Bluetooth* seperti [14] dapat menggunakan jaringan *Bluetooth* yang ada, namun penggunaan teknologi ini tidak dapat mencakup area lokalisasi dalam ruang yang luas yang dilakukan menggunakan sinyal dari perangkat *Bluetooth*.

Wireless LAN (WLAN) merupakan sistem transmisi data yang dirancang untuk memberikan akses jaringan di antara perangkat nirkabel menggunakan gelombang radio [15]. Di dalam perusahaan atau kampus, WLAN biasanya diimplementasikan sebagai penghubung terakhir antara jaringan kabel yang ada dengan sekelompok komputer *client*, yang memberikan akses pengguna nirkabel ke sumber dan layanan jaringan perusahaan antar bangunan. *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* pada tahun 1997 mengesahkan spesifikasi 802.11 sebagai standar WLAN.

2.2. 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* [1]. 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 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*. 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 [2].

Menurut [16], secara garis besar, lokalisasi berbasis RSS terdiri dari dua fase yaitu:

1. *Training phase*, di mana peta nirkabel lingkungan ditentukan menggunakan pengukuran.
2. *Positioning phase*, di mana estimasi posisi ditentukan berdasarkan peta nirkabel.

Teknik pengukuran berbasis RSS dibagi menjadi dua yaitu:

1. Teknik deterministik
2. Teknik probabilistik

Teknik deterministik mempunyai tingkat presisi yang lebih rendah dibandingkan teknik probabilistik.

Teknik deterministik dilakukan dengan cara area lokasi dibagi-bagi ke dalam sel-sel yang lebih kecil dan pembacaan sinyal sel ini diambil dari beberapa *access point* dan dilakukan dalam *training phase* [17]. Dalam *positioning phase* sel yang dipilih adalah sel yang paling tepat atau paling mendekati dengan pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya.

Teknik probabilistik dilakukan dengan cara distribusi probabilistik dari lokasi objek dari area yang sudah ditentukan. Algoritma yang digunakan dalam teknik ini sangat beragam dengan tingkat keakurasian yang berbeda-beda.

Untuk mengestimasi lokasi dari pembacaan kekuatan sinyal yang diterima diperlukan representasi statistik spasial dari kuat sinyal yang diterima dari *access point* sekelilingnya. Lokalisasi dalam ruangan berbasis RSS sangat bergantung pada *training phase*, di mana tingkat kepresisian pengukuran pada *training phase* akan sangat mempengaruhi kepresisian hasil dari estimasi lokasi [18].

2.3. 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 [19].

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 keakurasian dan perlu dibuat *fingerprint* yang baru.

2.4. 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-Nearest Neighbor* (*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 $P = (p_1, p_2, \dots, p_2)$ dan $Q = (q_1, q_2, \dots, q_2)$ maka

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

(1)

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* ([20].

2.5. *Naïve Bayes*

Naïve Bayes merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan sekumpulan data. Algoritma ini memanfaatkan metode probabilitas dan statistik yang dikemukakan oleh ilmuwan Inggris Thomas Bayes, yaitu memprediksi probabilitas di masa depan berdasarkan pengalaman di masa sebelumnya (Brown, 1990). Dasar dari teorema *Naïve Bayes* adalah rumus Bayes berikut ini:

$$P(A|B) = (P(B|A) * P(A))/P(B) \tag{2}$$

Peluang kejadian A karena adanya kejadian B ditentukan dari peluang kejadian B karena adanya kejadian A, peluang kejadian A, dan peluang kejadian B. Persamaan di atas dikembangkan menjadi:

$$P(C = c_i|x) = \frac{P(x|C = c_i)P(C = c_i)}{P(x)} \tag{3}$$

Persamaan (3) merupakan persamaan yang digunakan untuk klasifikasi data ke dalam kelas C. Pada estimasi lokasi objek, kelas merupakan representasi lokasi objek, sedangkan data adalah data RSS.

III. METODOLOGI PENELITIAN

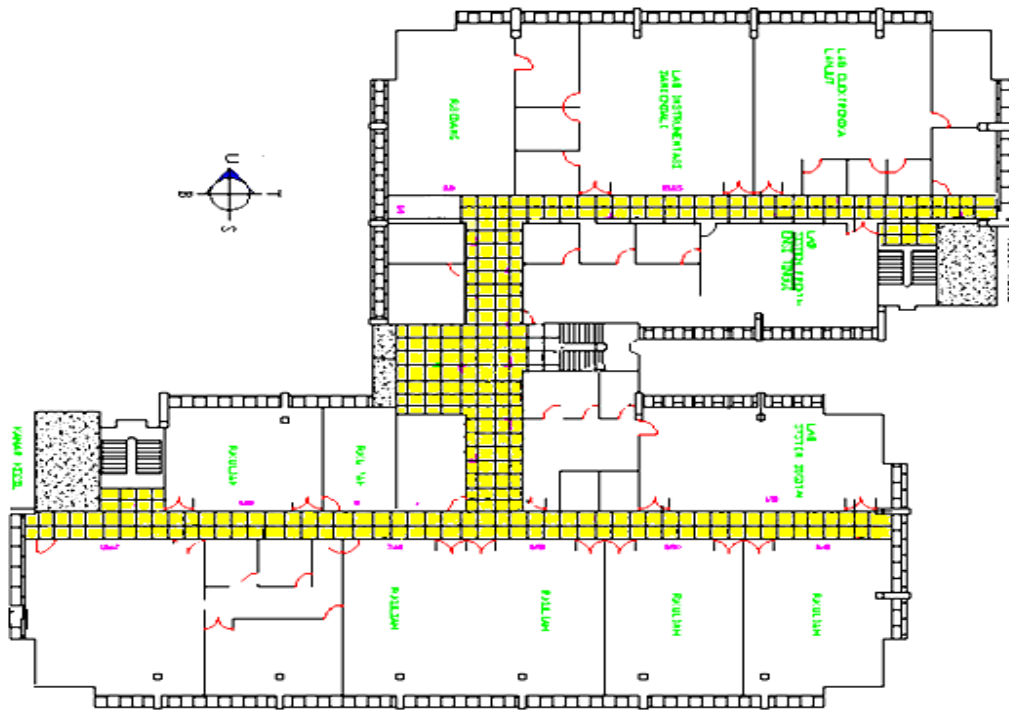
Bahan penelitian yang digunakan dalam deteksi lokasi objek dalam gedung berbasis IEEE 802.11 adalah hasil pengukuran kekuatan sinyal (RSS) yang diterima oleh

laptop dan pengukuran dilakukan di lorong lantai1, 2, dan 3 gedung JTETI UGM. Dalam penelitian ini tidak melakukan pemasangan AP tambahan. Dalam melakukan penelitian mengenai deteksi lokasi objek dalam gedung bertingkat diperlukan beberapa perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut:

1. Perangkat keras (*Hardware*)
 - a. *Access Point* (AP) yang digunakan dalam penelitian ini adalah semua AP yang telah terpasang di lantai 1, 2, 3 dan beberapa AP yang ada di sekitar gedung JTETI UGM.
 - b. Laptop Toshiba dengan seri L510. Laptop telah dilengkapi dengan NIC berbasis IEEE 802.11
2. Perangkat lunak (*Software*)
 - a. *Netsurveyor* digunakan untuk mengukur RSS (*Received Signal Strength*).
 - b. *Rapidminer 5.1.012* berfungsi sebagai *tool* untuk aplikasi *Naïve Bayes* dan *k-Nearest Neighbor* (*k*-NN). Format data yang digunakan adalah format **csv* ().
 - c. *Ms Excel 2007* digunakan dalam pengolahan data RSS.

Penelitian ini terbagi ke dalam beberapa tahapan. Tahapan-tahapan tersebut adalah:

1. Perencanaan Ruang merupakan langkah awal dalam pembuatan peta kekuatan sinyal dalam ruang yang menjadi lingkup penelitian. Ruang penelitian adalah lorong lantai 1,2, dan 3 Gedung JTETI UGM, yaitu area berwarna kuning pada gambar 1. Pada tahap ini lorong diukur kemudian dibagi ke dalam sel-sel dengan lebar masing-masing sel 1 meter dan 2 meter. Hal ini dilakukan untuk membandingkan tingkat akurasi yang dihasilkan.
2. Pengukuran RSS. Pada proses ini dilakukan pengukuran RSS yang diterima oleh Laptop, di masing-masing sel yang telah diukur. Pengukuran dilakukan dengan empat arah yang berbeda yaitu Utara, Timur, Selatan dan Barat. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh orientasi pengukuran terhadap besarnya galat estimasi lokasi. Pengukuran RSS dilakukan pada saat kondisi gedung sepi, yaitu pada hari Sabtu dan Minggu atau hari libur. *Software* yang digunakan adalah *NetSurveyor*.



Gambar 1. Denah Ruang Lantai 3 Gedung JETI UGM

3. Visualisasi RSS. Visualisasi RSS digunakan untuk memberikan gambaran peta kekuatan sinyal yang diterima (RSS). Nilai RSS pada masing-masing *grid point* diperoleh dengan cara menghitung rata-rata sinyal yang diterima pada *grid point* tersebut. Visualisasi dilakukan menggunakan *software Rapidminer*. Visualisasi menggunakan AP yang terpasang di lantai 3 gedung JETI UGM.
4. *Location Fingerprinting*. *Fingerprinting* merupakan metode bagi pemetaan data yang terukur, yaitu RSS ke dalam *grid-point* yang meliputi seluruh area lokalisasi yang nantinya digunakan untuk estimasi lokasi. RSS dari AP yang ada di lingkungan JETI tidak semua digunakan, namun dipilih RSS dari beberapa AP yang mempunyai pengaruh signifikan dalam estimasi lokasi. Pengolahan data RSS dilakukan menggunakan *software excel*.
5. Pemodelan algoritma. Pada proses ini dilakukan pemodelan algoritma yang digunakan yaitu *Naïve Bayes* dan *k-NN (k-Nearest Neighbour)*. Pada proses pemodelan ini dapat diketahui besarnya prosentase akurasi.
6. Pengujian dan Estimasi Lokasi. Pengujian merupakan proses penting untuk mengetahui hasil dari sebuah sistem. Data pengujian diperoleh dengan cara melakukan pengukuran RSS yang diterima laptop dengan berjalan di sepanjang lorong lantai 1, 2 dan 3 gedung JETI UGM. Estimasi lokasi objek dalam hal ini adalah laptop berbasis IEEE 802.11, diperoleh dari perbandingan antara pengukuran RSS secara nyata yaitu data pengujian dengan pengukuran sebelumnya yang telah tersimpan dalam *fingerprint*. Estimasi lokasi menggunakan algoritma yang telah dimodelkan sebelumnya. Galat estimasi lokasi diperoleh dengan cara menghitung jarak antara lokasi sebenarnya dengan lokasi estimasi

menggunakan jarak *Euclidean* dengan persamaan sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2} \tag{6}$$

di mana:

- d = jarak *Euclidean*
- (x,y) = lokasi sebenarnya
- (x',y') = lokasi estimasi

7. Analisis hasil. Pada tahap ini dilakukan analisis untuk mengetahui besarnya galat estimasi terhadap:
 - a. orientasi pengukuran RSS
 - b. ukuran *grid* pada *fingerprint*
 - c. memadai atau tidaknya AP yang digunakan untuk memperoleh estimasi lokasi, dalam hal ini hanya menggunakan AP yang telah tersedia, tanpa adanya penambahan AP.
 - d. algoritma yang digunakan

IV. HASIL DAN ANALISIS

Berdasarkan hasil pengukuran RSS diketahui bahwa terdapat lebih dari 25 AP yang terpasang di dalam dan sekitar gedung JETI. Namun dari sekian banyak AP yang ada, hanya beberapa AP yang digunakan untuk estimasi lokasi karena mempunyai nilai RSS yang bervariasi, selebihnya mempunyai nilai RSS yang sangat rendah antara -92 dBm hingga -100 dBm, sehingga tidak digunakan dalam estimasi lokasi. Berikut adalah RSS rata-rata dari pengukuran di salah satu *grid* dengan empat arah yang berbeda yaitu Utara, Timur, Selatan dan Barat.

TABEL 1 RSS RATA-RATA DARI PENGUKURAN DI SALAH SATU GRID

AP 1	AP 2	AP 3	AP 4	AP 5	AP 6	Orientasi
-100	-53	-74.8	-75.8	-100	-100	Utara
-100	-56.2	-81.6	-72.46	-100	-100	Timur
-100	-58.1	-84.2	-87	-100	-100	Selatan
-100	-60.7	-80.7	-74.5	-100	-100	Barat

Keterangan:

AP 1 = UGM Hotspot dengan BSSID 00-23-69-B3-E6-A2

- AP 2 = UGM Hotspot dengan BSSID 00-23-69-B3-E7-EC
- AP 3 = UGM Hotspot dengan BSSID 00-23-69-BF-4C-B0
- AP 4 = Infrajtk dengan BSSID 00-27-19-17-E5-0E
- AP 5 = Alligator dengan BSSID 00-0C-42-64-94-2A
- AP 6 = Alligator dengan BSSID 00-0C-42-DF-51-2E

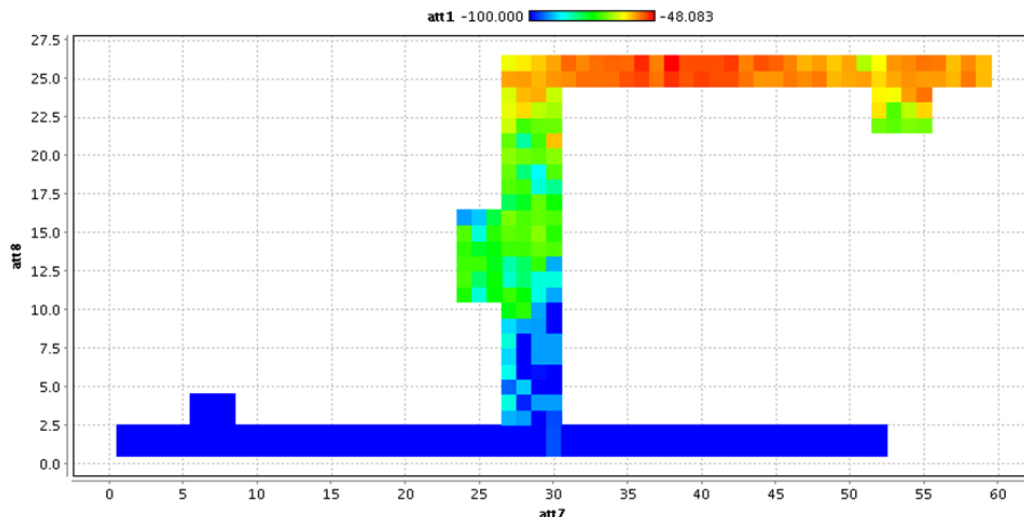
Dari tabel 1 terlihat bahwa orientasi pengukuran yang berbeda akan diperoleh nilai RSS yang berbeda. Hal inilah yang mendasari penelitian untuk mengetahui pengaruh orientasi pengukuran terhadap tingkat akurasi estimasi lokasi.

Selanjutnya dilakukan proses visualisasi RSS dengan tujuan untuk memberikan gambaran peta kekuatan sinyal yang RSS yang digunakan untuk estimasi lokasi. Visualisasi menggunakan RSS dari AP yang digunakan pada estimasi lokasi. Nilai RSS pada masing-masing *grid* diperoleh dengan cara menghitung rata-rata sinyal yang diterima pada *grid* tersebut. Visualisasi dilakukan menggunakan *software Rapidminer*. Berikut adalah gambar visualisasi RSS API dan AP2.

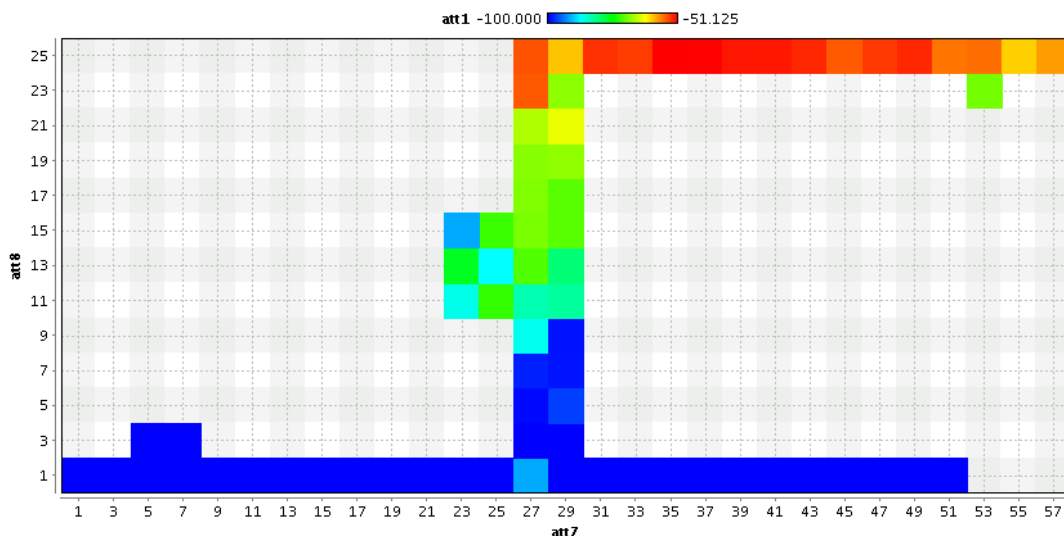
Dari gambar visualisasi terlihat bahwa nilai RSS terkuat berada di area dekat AP dan nilai RSS akan

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.

Tabel II memberikan gambaran nilai akurasi k-NN dengan nilai k antara 1 hingga 10. Akurasi tersebut adalah akurasi dari pemodelan algoritma menggunakan *software Rapidminer*. Pada pemodelan algoritma, 90% data digunakan sebagai data *training* dan 10% data sebagai data *testing*. Nilai akurasi diperoleh dari pengujian data *testing* terhadap data *training*. Sebagai contoh pada k=1 dan *grid* 1x1 m mempunyai tingkat akurasi 57,5 % artinya dari 10% data *testing* yang diujikan terdapat prediksi yang benar sebesar 57,5 %. Sehingga jika nanti digunakan untuk estimasi, kemungkinan terdapat 57,5 % data yang tepat prediksinya.



Gambar 2. Visualisasi RSS API dengan *Grid Area* 1m x 1m



Gambar 3 Visualisasi RSS API dengan *Grid-Area* 2m x 2m

Dari gambar visualisasi RSS terlihat bahwa ukuran *grid* dengan lebih detail dibandingkan pada ukuran *grid* 2m x 2m. Oleh karena itu dalam penelitian ini perlu

dibandingkan besarnya akurasi estimasi berdasarkan ukuran *grid* pengukuran data *fingerprint*.

TABEL 2 PERBANDINGAN AKURASI k-NN DENGAN k = 1 HINGGA k = 10

	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1x1	57,50 %	52,99 %	50,86 %	50,63 %	54,62 %	53,86 %	54,59 %	54,16 %	55,73 %	55,26 %
2x2	80,28 %	76,37 %	74,09 %	73,92 %	78,31 %	76,94 %	75,91 %	75,03 %	76,28 %	75,26 %

Dari tabel 2 terlihat bahwa nilai k=1 dengan ukuran *grid* 1m x 1m dan 2m x 2m memberikan nilai akurasi tertinggi, sehingga penelitian ini menggunakan k-NN dengan nilai k=1.

Ukuran *grid* yang berbeda memberikan nilai akurasi yang berbeda. Hal ini juga akan mempengaruhi besarnya nilai galat estimasi lokasi objek. Gambar 3 dan gambar 4 memberikan gambaran perbandingan nilai akurasi dan galat estimasi terhadap ukuran *grid* yaitu 1m x 1m dan 2m x 2m.

Estimasi lokasi objek diperoleh dengan cara melakukan pengujian dengan cara mengukur nilai RSS yang baru dalam hal ini RSS yang diterima oleh laptop, kemudian membandingkannya terhadap nilai RSS yang telah ada pada *fingerprint*. Proses membandingkan nilai RSS yang baru dengan nilai RSS pada *fingerprint* dilakukan menggunakan algoritma *Naïve Bayes* dan k-NN (*k-Nearest Neighbour*). Secara garis besar, pada algoritma *Naïve Bayes*, penentuan estimasi lokasi ditentukan dengan cara menghitung peluang terbesar posisi dari objek dalam

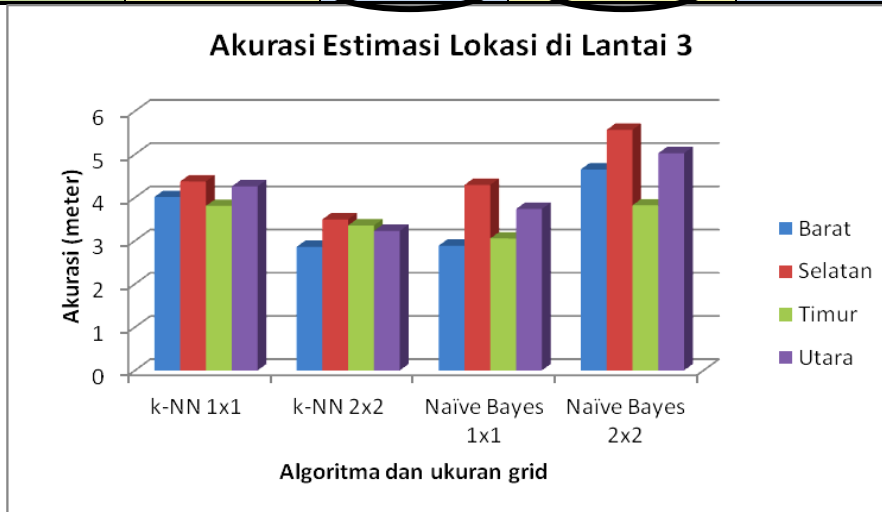
hal ini laptop berdasarkan perbandingan nilai RSS yang baru dengan RSS pada *fingerprint* berdasarkan aturan yang digunakan pada *Naïve Bayes*.

Sedangkan pada k-NN estimasi lokasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai RSS yang baru dengan beberapa nilai RSS terdekat (tetangga) yang ada pada *fingerprint*. Banyaknya perbandingan yang dilakukan tergantung terhadap besarnya nilai k yang digunakan.

Besarnya akurasi estimasi lokasi di lantai 3 secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 3. Dari tabel 3 terlihat bahwa algoritma k-NN memberikan nilai akurasi lebih tinggi jika digunakan pada RSS *fingerprint* dengan ukuran *grid* 2m x 2m, sedangkan algoritma *Naïve Bayes* memberikan hasil akurasi yang lebih baik jika digunakan pada RSS *fingerprint* dengan ukuran *grid* 1m x 1m. Selain itu dapat dilihat juga bahwa orientasi pengukuran RSS ke arah Barat memberikan estimasi lokasi dengan akurasi yang terbaik. Gambar 4 merupakan representasi secara grafik dari akurasi estimasi di lantai 3 secara keseluruhan.

TABEL 3 AKURASI ESTIMASI LOKASI DI LANTAI 3 SECARA KESELURUHAN

Orientasi Pengukuran	Akurasi dengan k-NN (meter)		Akurasi dengan <i>Naïve Bayes</i> (meter)	
	1m x 1m	2m x 2m	1m x 1m	2m x 2m
Barat	4,012859	2,858243	2,8877717	4,651575
Selatan	4,374183	3,495075	4,293734	5,566562
Timur	3,807686	3,35447	3,053198	3,819599
Utara	4,260823	3,229181	3,736793	5,026142
Rata-rata	4,11388775	3,234242	3,492874	4,76597



Gambar Error! No text of specified style in document.. Akurasi Estimasi Lokasi di Lantai 3 secara Keseluruhan

Berdasarkan pengujian di lantai 3 diketahui bahwa algoritma *Naïve Bayes* dengan ukuran *grid* 1m x 1m dengan orientasi pengukuran ke arah Barat memberikan estimasi lokasi dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Oleh karena itu pengukuran RSS *fingerprint* pada lantai 1 dan 2 dilakukan dengan orientasi pengukuran Barat dengan ukuran *grid* 1m x 1m.

Untuk mengetahui kemampuan sistem untuk mengestimasi di lantai berapa posisi objek berada, maka dilakukan beberapa pengujian di keseluruhan lantai di

gedung JTETI yang meliputi lantai 1, 2 dan 3. Dari seluruh pengujian diketahui bahwa sistem 100% mampu mengestimasi dengan tepat di lantai berapa posisi objek berada.

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 4. Dari tabel terlihat bahwa *Naïve Bayes* mempunyai nilai akurasi sebesar 3,40795 meter,

sedangkan algoritma k -NN mempunyai akurasi sebesar 4,5261729 meter.

TABEL Error! No text of specified style in document. AKURASI ESTIMASI LOKASI DI LANTAI 1, 2 DAN 3 GEDUNG JTETI

Pengujian	Akurasi dengan k -NN (meter)			Akurasi dengan <i>Naïve Bayes</i> (meter)		
	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3
I	2,842843	2,550039	1,828524	3,021226	3,489864	3,298347
II	1,703592	3,819945	1,423077	2,2242443	4,34817	1,68262
III	8,434393	9,3461675	8,786976	3,81459913	5,1108815	3,682348
Rata-rata	4,3269427	5,238717	4,012859	3,020023	4,316052	2,887772
	Akurasi k-NN = 4,5261729			Akurasi <i>Naïve Bayes</i> = 3,40795		

V. KESIMPULAN

Estimasi lokasi objek berbasis *RSS fingerprint* sangat dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain algoritma yang digunakan, ukuran *grid* pengukuran, orientasi pengukuran, serta AP yang digunakan. Pada penelitian ini ukuran *grid* 1m x 1m dan algoritma *Naïve Bayes* memberikan galat estimasi terkecil yaitu sebesar 3,4 meter. Metode estimasi lokasi objek dalam gedung bertingkat menggunakan *RSS fingerprint* 100% mampu mengestimasi dengan tepat di lantai berapa posisi objek berada. Tantangan terbesar dari sistem ini adalah adanya perubahan nilai *RSS* seiring dengan perubahan yang terjadi di lingkungan tersebut. Ke depannya perlu dibuat sistem dengan algoritma yang mampu menghasilkan deteksi lokasi dengan tingkat presisi yang lebih baik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Kupper, 2005. *Location Based Services: Fundamentals and Operations*, John Wiley & Sons.

[2] J. Caffery, 2000. *Wireless Location in CDMA Cellular Radio Systems*, Kluwer Academic Publishers.

[3] K. Kamol and K. Prashant, 2004. Properties of Indoor Received Signal Strength for WLAN Location Fingerprinting, in: *Proceedings of the First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Service*.

[4] N. Sirola, 2007. "Mathematical methods for personal positioning and navigation," Ph.D. dissertation, Tampere University of Technology.

[5] P. Castro, P. Chiu, T. Kremenek and R. Muntz, 2001. A probabilistic room location service for wireless networked environments, *Ubiquitous Computing*.

[6] A. Gelb (Ed.), 1974. *Applied Optimal Estimation*, MIT Press.

[7] P. Enge and P. Misra, 1999. "Special issue on GPS: The Global Positioning System," *Proceedings of the IEEE*, pp.3-172, January.

[8] R. Want, A. Hopper, V. Falcao and J. Gibbons, 1992. "The Active Badge Location System," *ACM Transactions on Information Systems*, Vol. 10, no.1, pp. 91-102, January 1992.

[9] R. Want, B. Schilit, D.A. Norman, D. Goldberg, K. Petersen, J. Ellis and M. Weiser," An Overview of the ParcTab Ubiquitous Computing Experiment," *IEEE Personal Communications Magazine*, vol. 2, issue 6, pp.28-43, Dec 1995

[10] N.B. Priyantha, A. Chakraborty and H. Balakrishnan, The cricket location-support system, in: *Proceedings of the 6th ACM MobiCom*, Boston, MA pp. 32–43, 2000.

[11] J. A. Ward, A. Jones, A. Hopper, "A New Location Technique for the Active Office," *IEEE Personal Communication Magazine*, vol.4 no.5 pp. 42-47, 1997

[12] D. Fox, J. Hightower and, L. Liao, D. Schulz, and G. Borriello, Bayesian filtering for location estimation, in: *Proceeding of IEEE Pervasive Computing*, vol. 02, no. 3, pp. 24–33, 2003M. Hassan-Ali and K. Pahlavan, Site-specific wideband and narrowband modeling for indoor radio channel using ray-tracing, in: *Proceedings of the PMIRC'98*, Boston, MA, 1998.

[13] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee, and J. Liu, 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.

[14] Aalto, N. Gothlin, J. Korhonen and T. Ojala, "Bluetooth and WAP Push based Location Aware Mobile Advertising System," in *MobiSYS: Proceeding of the 2nd International Conference on Mobile Systems Application and Services*, pp. 49-58. ACM Press, 2004

[15] C.L. Chan, Eddie, George Baciu, S.C. Mak, 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, 2009.

[16] G. V. Z'aruba, M. Huber, F. A. Kamangar, I. Chlamtac, Indoor location tracking using RSSI readings from a single Wi-Fi access point, in: *Proceedings of Wireless Network (2007)* 13:221–235, 2007.

[17] P. Bahl and V.N. Padmanabhan, 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, 2000.

[18] K. J. Krizmant, T. E. Biedkatt, and T. S. Rappaportt, Wireless position location: Fundamentals, implementation strategies, and sources of error, in: *Proceedings of the VTC*, vol. 2, May 1997.

[19] A. Bensky, *Wireless Positioning: Technologies and Application*, ser. *GNSS technology and application series*. Artech House Publishers, 2008.

[20] Chrtman, F. dan Roeder, K. 2003. *Wi-Fi Handbook: Building 802.11b Wireless Networks*, McGraw-Hill.

[21] Robles. Jorge J., Martin Deicke, and Ralf Lehnert, 3D fingerprint-based Localization for Wireless Sensor Networks, in: *Proceedings of IEEE*, 978-1-4244-7157-7/10/2010, 2010.