

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini dilakukan dengan mengacu dan berpedoman pada 3 penelitian yang sudah pernah dibuat sebelumnya. Pertama, penelitian yang dilakukan oleh Z`aruba, Huber, Kamangar, dan Chlamtac pada tahun 2007 yang berjudul “*Indoor location tracking using RSSI readings from a single Wi-Fi access point*”. Kedua, penelitian yang dilakukan oleh Grossmann, Schauch, dan Hakobyan pada tahun 2007 yang berjudul “*RSSI based WLAN indoor positioning with personal digital assistants*”. Ketiga, penelitian yang dilakukan oleh Chan, Baci, dan Mak pada tahun 2009 yang berjudul “*Using Wi-Fi Signal Strength to Localize in Wireless Sensor Networks*”.

2.1.1. *Indoor location tracking using RSSI readings from a single Wi-Fi access point*

Percobaan ini menunjukkan bahwa filter berhasil memperkirakan lokasi perangkat mobile meskipun *Received Signal Strength Indication* (RSSI) yang tersedia dari satu Access Point (AP) sangat ambigu. Telah dibuktikan bahwa bahkan model gerakan sederhana dapat menghasilkan hasil dengan presisi rata-rata sekitar satu meter. (Z`aruba dkk, 2007).

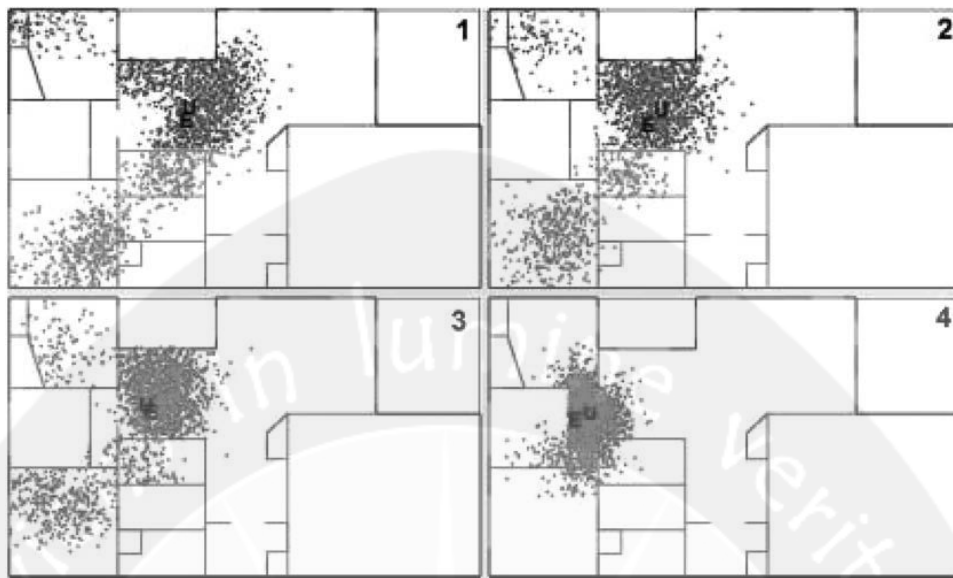
Pada penelitian ini dipresentasikan pendekatan untuk penentuan lokasi yang menggunakan pengukuran RSSI dan peta dari *wireless LAN* di suatu

lingkungan untuk memperkirakan posisi dari perangkat mobile yang dilengkapi dengan kartu jaringan *wireless*. Untuk mencapai tujuan akhir dan untuk menghindari masalah diskritisasi, kompleksitas perhitungan, dan tidak realistis mengenai perkiraan lokasi, maka digunakan teknik penyaringan Monte Carlo yang efisien untuk memperkirakan distribusi dari lokasi perangkat *mobile*. Tempat penelitian yang dipilih adalah sebuah rumah yang dilengkapi 1 AP, yang ditunjukkan dengan gambar persegi pada *bedroom 2*, seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Denah rumah tempat penelitian Z'aruba dkk

Titik hasil perhitungan dengan metode ini diharapkan akan didistribusikan di sekitar pengguna, tetapi tidak memberikan perkiraan lokasi. Untuk mendapatkan perkiraan posisi yang paling mungkin dari pengguna akan dipilih titik hasil perhitungan yang memiliki titik hasil perhitungan lain yang paling banyak dalam radius R di sekitarnya. Gambar 2.2 menunjukkan posisi pengguna (dilambangkan dengan huruf U), perkiraan lokasi (dilambangkan dengan huruf E) dan titik-titik hasil perhitungan (diwakili dengan titik-titik berwarna abu-abu).



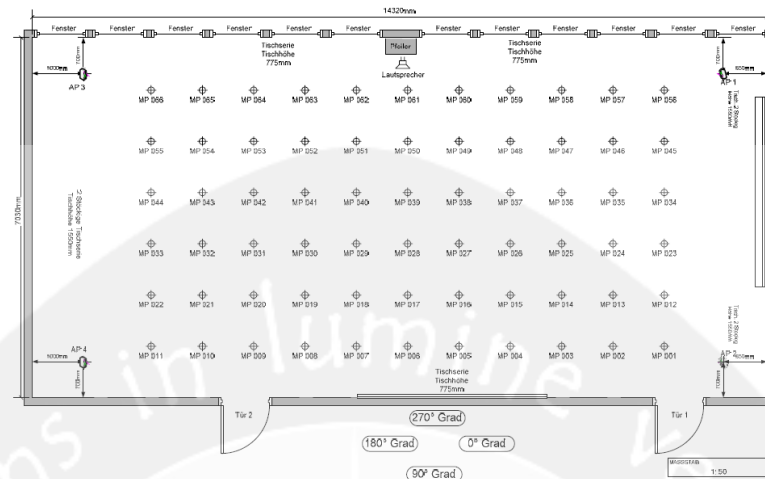
Gambar 2.2. Proses penyaringan (U = pengguna; E = perkiraan lokasi)

2.1.2. RSSI based WLAN indoor positioning with personal digital assistants

RSSI berbasis *Wireless LAN* untuk posisi dalam ruangan mungkin dilakukan menggunakan perangkat yang tersedia di pasaran, seperti *Personal Digital Assistants* (PDA) atau *smart phone* yang dilengkapi dengan adapter *Wireless LAN* dan *Access Point* (AP), tanpa modifikasi *hardware* dan *software* dari sistem yang ada (Grossmann dkk, 2007).

Menurut penelitian ini, penggunaan AP yang lebih mahal dan lebih handal (LANCOM) dibandingkan dengan AP yang lebih sederhana dan lebih murah (Netgear) tidak memperlihatkan peningkatan akurasi yang signifikan.

Penelitian ini membandingkan akurasi penentuan posisi menggunakan metode *euclidian distance*, *bayesian theorem*, dan *RSSI-Isoline*. Tempat penelitian yang dipilih adalah ruangan seminar di Dortmund University of Applied Sciences, seperti pada gambar 2.3. Ruangan ini berbentuk persegi tanpa ada penghalang (dinding) yang membatasi pancaran gelombang dari tiap AP.



Gambar 2.3. Denah ruangan seminar tempat penelitian Grossmann dkk

Ada banyak metode matematika yang berbeda untuk penentuan posisi berdasarkan pengukuran nilai RSSI dari beberapa AP. Grossmann dkk meneliti akurasi menentukan posisi dalam keadaan yang berbeda, dengan perangkat yang berbeda dan metode matematika yang berbeda. Salah satu metode evaluasi yang diusulkan (fingerprint) dibagi menjadi dua tahap. Saat tahap pelatihan (tahap pertama) peta nilai RSSI dari beberapa jalur akses dikembangkan pada titik-titik dengan koordinat yang telah diketahui. Saat tahap penentuan posisi (tahap kedua) nilai-nilai RSSI dari beberapa AP dicatat kembali. Pengamatan ini akan dibandingkan dengan nilai-nilai yang disimpan pada tahap sebelumnya. Posisi yang paling mirip dengan pengukuran pada tahap pelatihan diasumsikan merupakan perkiraan posisi.

Metode pertama yang akan digunakan adalah *euclidian distance* (persamaan 2.1).

$$d = \sqrt{(SS_{ci1} - SS_{m1})^2 + \dots + (SS_{ci1} - SS_{m1})^2} \quad (2.1)$$

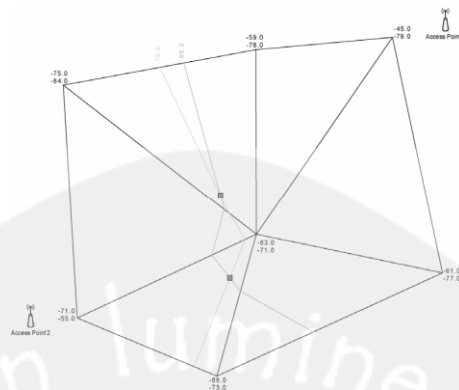
SScij merupakan nilai RSSI dari AP j pada titik i. SSmj merupakan nilai RSSI dari AP j yang diperoleh pada tahap penentuan posisi. Akan ada setidaknya satu posisi i dengan d terkecil. Posisi ini akan menjadi perkiraan posisi.

Metode kedua menggunakan *Bayesian Theorem* yang menghasilkan probabilitas distribusi untuk melakukan pengukuran di titik (x, y, θ) (x, y : koordinat titik; θ : orientasi pengukuran) tentang satu AP dari tahap pelatihan dan tahap penentuan posisi. Probabilitas untuk pengukuran perkiraan posisi dilakukan pada titik (x, y, θ) dihitung dengan persamaan 2.2.

$$P(S_i|O_j) = \frac{\gamma_i P(O_j|S_i)}{\sum_{\alpha=1}^n (\gamma_{\alpha} P(O_j|S_{\alpha}))} \quad (2.2)$$

Hasil dari probabilitas atas semua AP akan memberikan probabilitas gabungan untuk pengukuran pada titik (X, y, θ) . Titik dengan probabilitas maksimum akan diasumsikan menjadi perkiraan posisi.

Metode yang ketiga menggunakan metode *Isolines* dari suatu jaringan segitiga yang memiliki titik pengujian sebagai simpul. Berdasarkan nilai RSSI dari satu AP kita dapat memilih segitiga (*triangles*) yang memiliki simpul yang menunjukkan nilai RSSI yang lebih tinggi dan lebih rendah dari nilai yang tersimpan. Interpolasi linear antara nilai simpul-simpul dalam segitiga memberikan detail peta yang terdiri dari permukaan yang diinterpolasi dari nilai RSSI atas segitiga. Selain itu, akan dihitung garis yang diinterpolasi dari nilai RSSI yang konstan (*isoline*) dalam segitiga dan seluruh wilayah triangulasi. Dalam segitiga termasuk isoline dan beberapa posisi persimpangan (gambar 2.4) akan dihitung.



Gambar 2.4. Segitiga dengan isoline dari dua AP

Akan dipilih beberapa segitiga, termasuk isoline dari AP yang dimungkinkan. Pada daftar ini dipilih segitiga dengan menetapkan peringkatnya berdasarkan jumlah persimpangan dua isoline. Titik keseimbangan segitiga "yang terbaik", yaitu segitiga dengan jumlah terbesar dari titik-titik persimpangan, dianggap menjadi perkiraan posisi.

Untuk sejumlah pengujian acak yang telah dilakukan dengan algoritma *euclidian distance*, *bayesian theorem* dan *isoline* menunjukkan jarak rata-rata antara posisi pengukuran dan posisi yang dihitung dengan jarak maksimal tiga meter (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Mean Jarak rata-rata antara posisi pengukuran dan perkiraan posisi

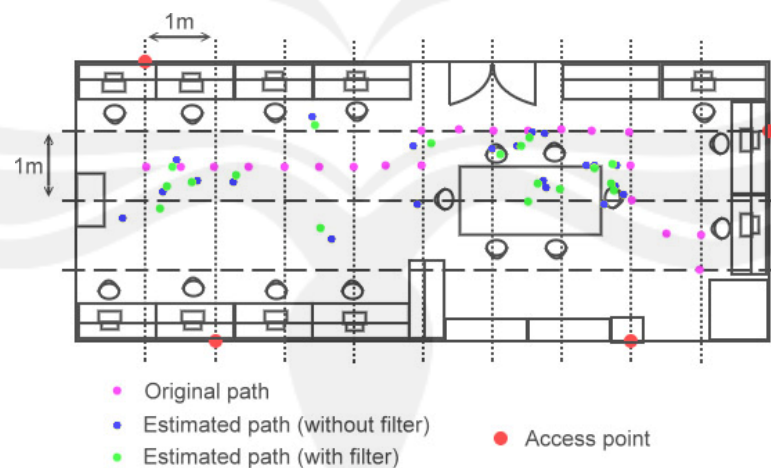
Algoritma	Jarak rata-rata (m)
Bayesian theorem	2,91
Euclidian distance	2,33
Isoline	2,00

2.1.3. Using Wi-Fi Signal Strength to Localize in Wireless Sensor Networks

Pendekatan penentuan lokasi berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) menawarkan sejumlah manfaat. Pertama, meniadakan kebutuhan untuk

melakukan survei lokasi secara manual. kedua, WSN sesuai untuk setiap lingkungan, dalam maupun luar ruangan, terlepas dari topografi, struktur bangunan, atau kondisi lingkungan. Pendekatan ini juga dianggap akurat dan hemat biaya (Chan dkk, 2009).

Pendekatan WSN menggunakan *Location Fingerprint* dibagi dalam dua tahap. Tahap pertama, mendeteksi kekuatan sinyal *Wireless LAN*. Kemudian menggunakan satu set sensor lokasi fingerprint statis untuk mengumpulkan lokasi fingerprint ke database. Pada tahap kedua, lokasi *fingerprint* diambil oleh perangkat *mobile* dan memperkirakan lokasi dengan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* ke database. Dan metode Kalman Filter digunakan untuk melacak lokasi ganda, sehingga diperoleh lokasi yang akurat. Gambar 2.5 menunjukkan jalur pengguna (aktual dan perkiraan dengan dan tanpa filter).



Gambar 2.5. Denah laboratorium tempat penelitian Chan dkk

Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini adalah: *the signal propagation theorem*, *K-nearest Neighbors Fingerprinting Estimation*, and *Probabilistic Estimation*.

2.1.4. Pengembangan *Indoor Location Based Service* menggunakan *Wireless*

***Positioning* pada Android**

Berdasarkan beberapa penelitian di atas, penulis ingin mengembangkan metode *wireless positioning* untuk *indoor location based service* di lingkungan kampus 3 UAJY. Kampus 3 UAJY dipilih sebagai tempat penelitian karena kampus 3 UAJY telah memiliki Access Point yang tersebar di beberapa tempat.

Metode yang akan digunakan adalah metode *Location Fingerprint* dengan algoritma *K-Nearest Neighbor*, untuk proses perhitungannya menggunakan *Mean Absolute Error*. Metode ini dipilih karena proses komputasi (perhitungan) akan dilakukan pada perangkat *mobile*, jadi diperlukan proses komputasi yang cepat dan ringan.

Untuk sistem operasinya dipilih Android, karena sistem operasi Android dapat mendeteksi dan mengukur kekuatan sinyal yang diterima. Sistem ini akan menyediakan informasi mengenai posisi pengguna atau ruangan-ruangan yang ada. Sistem ini juga akan membantu pengguna dalam mencari pengguna lain atau ruangan di lingkungan kampus 3 UAJY.

2.1.5. Tabel perbandingan sistem

Tabel 2.2 Perbandingan beberapa penelitian

Penelitian	Metode yang digunakan	Fungsi yang ada	Lokasi	Akurasi
<i>Indoor location tracking using RSSI readings from a single Wi-Fi access point</i> (Z'aruba dkk, 2007)	- Bayesian - Monte Carlo	- Posisi perangkat mobile - Tracking	Sebuah rumah dengan 1 <i>access point</i> .	Presisi rata-rata sekitar 1 meter.

<i>RSSI based WLAN indoor positioning with personal digital assistants</i> (Grossman dkk, 2007)	- Fingerprint - Bayesian - Euclidian - RSSI-Isoline	- Posisi perangkat mobile	Ruangan seminar di Dortmund University of Applied Sciences.	Jarak rata-rata: - Bayesian 2,9 meter - Euclidian 2,3 meter - Isoline 2,00 meter
<i>Using Wi-Fi Signal Strength to Localize in Wireless Sensor Networks</i> (Chan dkk, 2009)	- Fingerprint - K-nearest neighbor - Kalman Filter	- Posisi perangkat mobile	Laboraturium Department of Computing, The Hong Kong Polytechnic University.	Kurang dari 2 meter.
Pengembangan <i>Indoor Location Based Service</i> menggunakan <i>Wireless Positioning</i> pada Android (Parrangan, 2012)	- Fingerprint - K-nearest neighbor - Mean Absolute Error	- Posisi perangkat mobile - Posisi ruangan	Kampus 3 Universitas Atma Jaya Yogyakarta	-

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Layanan Berbasis Lokasi

Layanan berbasis lokasi atau *Location Based Service* (LBS) adalah layanan yang menyediakan informasi yang berguna bagi pengguna berdasarkan lokasi geografis pengguna (Lee dan Yim, 2012). Saat ini banyak metode pencarian lokasi yang umum digunakan, dimana masing-masing berbeda karena memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing. Sebagai contoh, suatu metode bisa saja memerlukan biaya lebih besar dari yang lain namun memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi.

2.2.1.1. Layanan Berbasis Lokasi Dalam Ruangan

LBS yang disediakan untuk kasus dalam ruangan disebut *Indoor Location Based Service* (ILBS).

Beberapa aplikasi menarik untuk lingkungan dalam ruangan yang muncul dalam penelitian (Sabbour, 2007):

- a. Aset pelacakan dan pemantauan objek seperti proyektor untuk kemudahan melakukan serta perlindungan pencurian.
- b. Pelacakan orang dalam suatu tempat, seperti dokter di rumah sakit untuk mendapatkan rute tercepat ke dokter terdekat untuk keadaan darurat.
- c. Panduan belanja di pusat perbelanjaan dengan memberikan pengguna kemampuan untuk menemukan lokasi barang tertentu di toko serta menampilkan informasi tentang barang seperti harga dan di mana tempat termurah untuk mendapatkan barang tersebut.
- d. Panduan museum yang menginformasikan para pengunjung museum tentang lokasi dari berbagai objek serta menyediakan informasi spesifik tentang objek tersebut saat pengguna berada dekat objek tersebut.

Beberapa teknologi ILBS yang pernah dikembangkan (Sabbour, 2007):

- a. *ActiveBadge (infrared)*

Sistem *ActiveBadge* dikembangkan oleh Olivetti Research Laboratory.

Sistem ini menggunakan pemancar inframerah yang melekat pada

lencana pengguna. Sensor inframerah dipasang di seluruh gedung. Sebuah server pusat mengumpulkan tag unik yang dikirimkan oleh lencana pengguna dan sensor inframerah yang berada dalam ruangan.

b. Cricket (*ultrasonic*)

Penentuan lokasi Cricket menggunakan teknologi ultrasonik. Perangkat yang akan ditentukan lokasinya, melakukan triangulasi dan perhitungan *time of light* dalam rangka untuk mencari lokasinya. Sistem Cricket dapat mengidentifikasi dan mengabaikan sinyal ultrasonik yang lain, sehingga meningkatkan akurasi.

c. EasyLiving (*scene analysis*)

Sistem Easyliving adalah sistem yang didasarkan pada analisis citra. Menggunakan Digiclops 3D kamera untuk merekam fitur dari lokasi dan membandingkannya dengan database. Easyliving membutuhkan kamera dengan performa tinggi serta sistem yang memiliki proses yang memadai untuk menganalisa foto yang diambil dan mencocokkannya dengan database.

d. SpotON (*radio frequency*)

SpotON adalah penentuan lokasi dengan *ad hoc system*. Menggunakan tag radio serta *base station* radio penerima sebagai dasar untuk sistem penentuan lokasi. Setiap tag radio mentransmisikan sejumlah nomor identifikasi unik. Setiap *base station* kemudian, mengirim nomor unik bersama dengan kekuatan sinyal yang sedang diterima dari tag ke

server pusat. Server pusat kemudian menggunakan teknik tringulasi untuk menghitung lokasi dari tag.

2.2.2. Peta

Peta (*map*) adalah kumpulan titik (*points*), garis (*lines*), dan bidang/area/poligon (*areas/polygon*) yang dinyatakan lewat lokasi dalam ruang yang mengacu pada suatu sistem koordinat dan atribut *non spasial* (Kiser dan Kelly, 2010). Visualisasi melibatkan warna, poligon, garis, titik dan bentuk lainnya yang bisa mewakili informasi. Peta merupakan salah satu alternatif yang bisa memberikan informasi visual yang dapat dimengerti oleh pembaca karena peta adalah representasi grafik dari dunia nyata (Muryani, 2005).

2.2.3. Wireless Local Area Network

Wireless Local Area Network (Wireless LAN) adalah koneksi antara dua atau beberapa perangkat (komputer, laptop, atau perangkat *mobile* lain) tanpa menggunakan kabel. Komponen-komponen pada *Wireless LAN* berinteraksi dengan satu sama lain menggunakan *Wireless Network Interface Controllers* (WNICs), yaitu kartu jaringan, dan *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) 802.11 protokol. *Wireless LAN* menggunakan teknologi Wi-Fi. Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) merupakan standar yang dibuat oleh konsorsium perusahaan produsen peranti *Wireless LAN (Wi-Fi Alliance)* untuk mempromosikan kompatibilitas perangkat *Wireless LAN*.

Dalam sebuah Wireless LAN dibutuhkan *Access Point* (AP) yang akan bekerja sebagai pusat pengendali komunikasi dari setiap komponen jaringan wireless yang tersambung. (Witono, 2006). AP mengirimkan dan menerima data untuk berkomunikasi antar perangkat dengan menggunakan frekuensi radio (Honkavirta, 2008). AP secara berkala mengirimkan informasi dasar tentang AP. Perangkat pengguna menggunakan *basic service set* (BSS) untuk berkomunikasi dengan AP. BSS membawa informasi tentang kualitas link yang dapat berasal dari kekuatan sinyal yang diterima dan kebisingan (*noise*) yang ada. Perangkat pengguna menerima secara berkala dari saluran untuk menentukan AP dengan kualitas link yang terbaik. Dengan demikian kekuatan sinyal dari semua AP dalam jangkauan dapat ditentukan.

Received Signal Strength (RSS) adalah pengukuran kekuatan (bukan berdasarkan kualitas) dari sinyal yang diterima dalam *Wireless LAN*, tergantung pada perangkat keras (yaitu, kartu *wireless*) yang digunakan (Kriara, 2009). Karena *wireless LAN* menggunakan frekuensi radio, pengguna dapat berpindah-pindah posisi tetapi tetap terkoneksi ke dalam jaringan, seakan tidak keluar dari *coverage area* pada *Wireless LAN* tersebut.

Gelombang radio yang digunakan pada *Wireless LAN* memiliki beberapa karakteristik umum, antara lain:

1. Semakin besar panjang gelombang, semakin besar *coverage area* dan semakin kuat terhadap halangan.
2. Semakin kecil panjang gelombang, semakin banyak data yang dapat dikirimkan.

3. Sinyal dapat diserap oleh air dan bahan-bahan logam.

Informasi kekuatan sinyal (*Received Signal Strength*) pada AP biasanya menggunakan satuan dBm (desibel miliWatt). Satuan dB merupakan satuan perbedaan (atau Rasio) antara kekuatan daya pancar signal. Rumus yang biasa digunakan adalah $dB = \log (P1/P2)$, dengan P1 dan P2 adalah suatu kekuatan daya. Penamaannya juga untuk mengenang Alexander Graham Bell (makanya huruf "B" merupakan huruf besar). Satuan ini digunakan untuk menunjukkan efek dari sebuah perangkat terhadap kekuatan atau daya pancar suatu signal. Satuan dBm merupakan satuan kekuatan signal atau daya pancar (Signal Strength or Power Level) dalam dB dan direferensikan ke 1 miliWatt. Untuk mengkonversi dari kekuatan daya "P" (dalam watt) ke dBm, gunakan rumus $dBm = 10 * \log (P / 1 \text{ mW})$. 0 dbm didefinisikan sebagai 1 mW (milliWatt) beban daya pancar, contohnya bisa dari sebuah Antenna ataupun Radio. Daya pancar yang kecil merupakan angka negatif (contoh: -90 dBm). Satuan milliwatt (mW) adalah satu per seribu watt (W), atau 1000 milliwatts = 1 watt. watt adalah Standar Unit International dari daya (power). 1 watt = 1 joule energi per detik.

2.2.3.1. Station

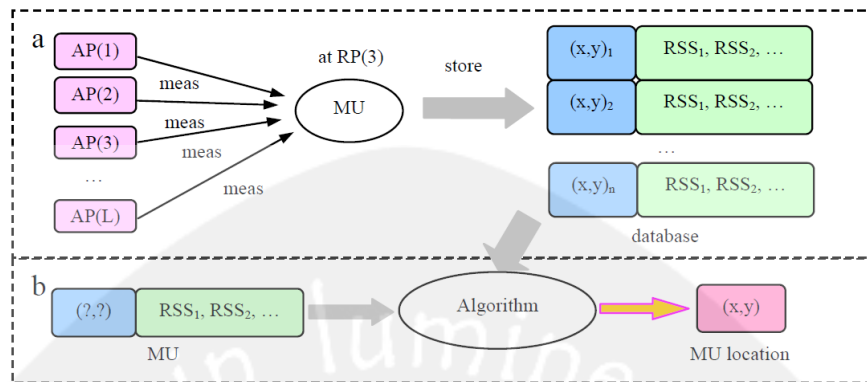
Station merupakan sebuah komponen dalam arsitektur *Wireless LAN* yang lebih dikenal dengan sebutan node. Semua komponen yang dapat terhubung melalui media wireless dalam sebuah *Wireless LAN* disebut station. Semua station dilengkapi dengan WNICs. AP mengirim dan menerima frekuensi radio yang

diperuntukkan bagi perangkat yang mendukung koneksi *wireless* sehingga dapat berhubungan dengan perangkat lain. Klien *wireless* dapat berupa perangkat mobile seperti laptop, PDA, IP *phone*, atau PC yang telah dilengkapi dengan WNICs.

2.2.4. Metode Location Fingerprint

Kata 'sidik jari' (*fingerprint*) di sini menunjukkan lokasi tempat pengukuran sinyal radio, dalam kasus *Wireless LAN* ini adalah *Received Signal Strength* (RSS). Mirip dengan sidik jari manusia, sidik jari dari suatu tempat tertentu dapat digunakan untuk mengidentifikasi lokasi. Ide utama *Location Fingerprint* adalah untuk memetakan lokasi tempat pengukuran sinyal radio di daerah-daerah yang penting (Li, 2006). *Location Fingerprint* adalah teknik untuk penentuan lokasi pada 802.11 *Wireless LAN*, dengan menggunakan kartu *Wireless LAN* dan tidak ada perangkat tambahan (Taheri, Singh, dan Emmanuel, 2004).

Secara umum metode ini terdiri dari 2 tahap utama, yaitu tahap pelatihan (*training*) dan tahap penentuan letak (*positioning*). Gambaran proses secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Tahapan Location Fingerprint:
(a) Tahap Pelatihan dan (b) Tahap Penentuan Letak
 (Li, Salter, Dempster, dan Rizos, 2006)

2.2.4.1. Tahap Pelatihan

Tujuan dari tahap ini adalah untuk menyusun sebuah basis data *fingerprint*. Untuk menghasilkan basis data yang optimal, pemilihan *Reference Point* (RP) perlu dilakukan dengan cermat. Setelah menentukan sejumlah RP, perangkat mobile diletakkan pada sebuah RP dan dilakukan pengukuran RSS dari masing-masing *Access Point* (AP) yang terdeteksi oleh perangkat *mobile*. Data karakteristik yang didapat dari RP tersebut, yaitu RSS dari tiap AP, disimpan ke dalam basis data beserta koordinat posisi RP. Proses ini diulang untuk semua RP yang telah ditentukan. Pada gambar 1, pengguna digambarkan sebagai *Mobile User* (MU) dan diletakkan pada RP ke-3. RSS AP ke-1 hingga AP ke-L terhadap MU diukur lalu hasilnya dimasukkan ke basis data, beserta koordinat posisinya (x dan y).

2.2.4.2. Tahap Penentuan Letak

Pada tahap penentuan letak, posisi perangkat *mobile* belum diketahui, perangkat *mobile* akan mengukur RSS yang diterimanya dari tiap AP yang

terdeteksi. Hasil pengukuran RSS ini lalu dibandingkan dengan basis data yang didapat dari tahap pelatihan menggunakan algoritma tertentu, sehingga diperoleh posisi perangkat *mobile* tersebut.

2.2.5. K-Nearest Neighbor

K-Nearest Neighbor (KNN) adalah sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data *learning* yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut (Nasution, 2011). KNN termasuk algoritma *supervised learning* dimana *query instance* yang baru diklasifikan berdasarkan mayoritas dari kategori pada KNN. Kelas yang paling banyak muncul yang akan menjadi kelas hasil klasifikasi.

Tujuan dari algoritma ini adalah mengklasifikasikan objek baru berdasarkan atribut dan *training sample*. *Classifier* tidak menggunakan model apapun untuk dicocokkan dan hanya berdasarkan pada memori. Diberikan titik *query*, akan ditemukan sejumlah k objek atau (titik *training*) yang paling dekat dengan titik *query*. Klasifikasi menggunakan *voting* terbanyak diantara klasifikasi dari k objek. Algoritma KNN menggunakan klasifikasi ketetanggaan sebagai nilai prediksi dari *query instance* yang baru.

2.2.6. Mean Absolute Error

Dalam statistik, Mean Absolute Error (MAE) adalah jumlah yang digunakan untuk mengukur seberapa dekat suatu perkiraan atau prediksi ke hasil akhirnya. Perhitungan MAE relatif sederhana. MAE akan menjumlahkan besaran

(nilai absolut) dari kesalahan (error) untuk mendapatkan total error dan kemudian membagi total error dengan n (Willmott dan Matsuura, 2005).

Rumus umum MAE adalah:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f_i - y_i| \quad (3.1)$$

Dimana:

n = jumlah data

f_i = nilai prediksi / estimasi

y_i = nilai sebenarnya

2.2.7. Android

Android merupakan sebuah perangkat lunak untuk perangkat *mobile*, yang mana terdiri dari sebuah sistem operasi, dan aplikasi utama (Belluccini, 2008). Android adalah sistem operasi untuk perangkat *mobile* yang berbasis Linux. Android menyediakan platform terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka sendiri untuk digunakan pada berbagai macam perangkat *mobile*.

2.2.7.1. Arsitektur Android

Arsitektur Android terdiri dari beberapa lapisan, seperti pada gambar 2.7. (Nimodia dan Desmukh, 2012), yaitu:

1. *Linux Kernel*

Arsitektur Android berbasis Linux kernel versi 2.6. Hal ini membantu untuk keamanan, manajemen memori, manajemen proses dan isu-isu penting yang lain.

2. *Libraries*

Di tingkat selanjutnya ada perpustakaan asli ditulis dengan bahasa C/C++, yang bertanggung jawab untuk performa yang stabil.

3. *Android Runtime*

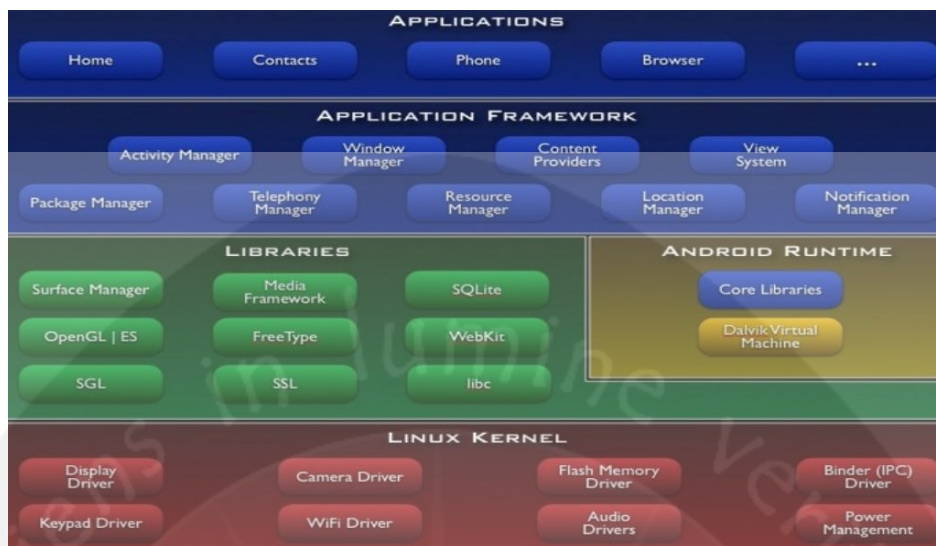
Di tingkat yang sama ada *Android Runtime*, dimana komponen utama *Dalvik Virtual Machine* berada. Hal ini dirancang agar dapat berjalan di lingkungan yang terbatas, dimana keterbatasan baterai, prosesor, memori dan penyimpanan data adalah isu-isu utama. Android memberikan alat terintegrasi "dx", yang mengubah kode byte yang dihasilkan dari file .jar ke file .dex, setelah itu kode byte menjadi lebih efisien untuk berjalan di prosesor kecil.

4. *Application Framework*

Setelah itu, ada Aplikasi Framework yang ditulis dalam bahasa pemrograman Java. Ini adalah toolkit yang digunakan oleh semua aplikasi pada perangkat mobile, seperti kontak atau kotak SMS atau aplikasi yang ditulis oleh Google dan pengembang Android.

5. *Applications and Widget*

Di bagian atas Arsitektur Android terdapat semua aplikasi yang dapat digunakan oleh pengguna. Semua aplikasi ditulis menggunakan bahasa pemrograman Java.



Gambar 2.7. Arsitektur Android
(Nimodia dan Desmukh, 2012)