

Implementasi *Weighted K-Nearest Neighbour* dalam Menentukan Posisi Objek Berdasarkan *Received Signal Strength Indication*

Andry Haidar[#], Rahmawati Hasanah, Fadlan Muhammad Fernanda

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Desa Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kab. Bandung Barat, Jawa Barat 40559, Indonesia

[#]andry.haidar@polban.ac.id

Abstrak

Saat ini, telah banyak teknologi yang digunakan untuk pelacakan keberadaan suatu objek, seperti pelacakan keberadaan seseorang pada suatu tempat, navigasi menuju suatu tempat, dan lain sebagainya. Salah satu solusi untuk menentukan letak suatu objek atau seseorang dapat dilakukan menggunakan *Indoor Positioning System* dengan memanfaatkan sinyal Wi-Fi sebagai media informasi melalui *smartphone*. Pada penelitian ini metode yang digunakan memanfaatkan *Received Signal Strength Indication* (RSSI) berdasarkan pengukuran daya yang diterima oleh *smartphone* menggunakan *Weighted K-Nearest Neighbour* (WKNN) untuk mengetahui posisi *user*. Hasil pengujian dan analisis pada beberapa titik menunjukkan bahwa penentuan posisi Wi-Fi *indoor* pada *smartphone* Android menggunakan RSSI dapat menghasilkan posisi objek yang cukup baik, meskipun dalam setiap percobaan masih mengalami *error* akibat *fading* dan *shadowing* yang mempengaruhi variasi pengukuran RSSI Wi-Fi. Akurasi posisi objek pada penelitian ini dapat dicapai sebesar 85,71% dengan penyimpangan sebesar 2,5 meter.

Kata kunci: *indoor positioning*, RSSI, Wi-Fi, *Weighted K-Nearest Neighbour*, Android

Abstract

Currently, there are many technologies used to track the whereabouts of an object, such as tracking someone's whereabouts, navigating to a place, and so on. One solution for determining the location of an object or person can be done using an *Indoor Positioning System* by utilizing a Wi-Fi signal as a medium of information via a *smartphone*. In this study the method used utilizes the *Received Signal Strength Indication* (RSSI) based on measuring the power received by a *smartphone* using the *Weighted K-Nearest Neighbor* (WKNN) method to determine the user's position. The results of testing and analysis at several points show that determining indoor Wi-Fi positions on android smartphones using RSSI can produce fairly good object positions, although in each experiment there are still errors due to *fading* and *shadowing* which affect variations in Wi-Fi RSSI measurements. The object position accuracy in this study can be achieved by 85.71% with a deviation of 2.5 meters.

Keywords: *indoor positioning*, RSSI, Wi-Fi, *Weighted K-Nearest Neighbour*, Android

I. PENDAHULUAN

Supermarket atau pasar swalayan merupakan suatu tempat yang menjual segala kebutuhan sehari-hari. Pada umumnya, supermarket menyediakan sistem layanan informasi yang dapat dimanfaatkan oleh pengunjung untuk mendapatkan informasi dan lokasi tujuan. Namun pada kenyataannya terdapat beberapa permasalahan seperti dibutuhkan waktu yang relatif lama dalam mencari informasi yang dibutuhkan, informasi yang diberikan petugas

kurang detail dan belum tentu akurat. Sehingga banyak pengunjung yang masih kesulitan mencari informasi yang dibutuhkannya [1].

Seiring dengan maraknya penggunaan sistem *wireless* LAN di lingkungan *indoor* seperti tempat perbelanjaan. Maka penggunaan *access point* dapat menjadi solusi untuk memberikan informasi posisi dari pengguna dalam lingkungan *indoor*, dengan memanfaatkan kekuatan sinyal yang didapat melalui *smartphone* dengan menggunakan metode *Received Signal Strength Indicator* (RSSI). *Indoor*

Positioning System (IPS) merupakan suatu teknologi yang digunakan dalam menentukan lokasi objek dalam ruangan, sistem ini didasari dari tidak dapat digunakannya *Global Positioning System* (GPS) untuk menentukan posisi di dalam gedung [2].

Pada penelitian sebelumnya terdapat pembuatan *Indoor Positioning System* untuk mengetahui posisi seseorang dalam suatu ruangan, diantaranya penelitian [3] menggunakan algoritma *Enhanced Weighted k-Nearest Neighbor* (EWKNN) yang bertujuan untuk membuat klasifikasi objek baru berdasarkan data training. Hasil dari data yang baru diklasifikasikan berdasarkan mayoritas dari kategori pada k-NN. Penelitian [4] melakukan penambahan *access point* guna menambah tingkat akurasi serta menggunakan algoritma *Clustering Filtered K-Nearest Neighbors* (CFK). Penelitian [5] membuat sistem berdasarkan koneksi antara handphone dan *Access Point* untuk mengidentifikasi orang dan lokasi dalam bangunan. Sistem yang diusulkan menggunakan kekuatan sinyal Wi-Fi yang membaca dari titik akses terdistribusi untuk mengevaluasi posisi objek yang diperlukan dengan cara lokasi ditetapkan menggunakan alamat MAC dari *smartphone* dari setiap pengguna yang terlibat. Penelitian [6] untuk mengetahui performa algoritma *Weighted k-Nearest Neighbor* terhadap tingkat akurasi penentuan posisi dalam Gedung dan mengetahui pengaruh parameter berupa jumlah *reference point* dan nilai k terhadap tingkat akurasi. Penelitian [7] melakukan pengujian menggunakan metode *K-Fold Cross Validation* untuk *Indoor Positioning System* berdasarkan *fingerprinting* RSS WiFi dengan metode K-NN.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka dirancang aplikasi *Indoor Positioning System* untuk mengetahui posisi pengguna dalam suatu gedung dan memberikan informasi berupa titik koordinat dan peta lokasi. Metode yang digunakan yaitu metode *fingerprinting*, dimana data *training* akan dibandingkan dengan hasil RSS Wi-Fi ketika pengujian lokasi. Algoritma yang digunakan untuk mengolah data *fingerprinting* pada aplikasi ini adalah algoritma *Weighted K-Nearest Neighbor* (WKNN).

II. METODE PENELITIAN

A. Algoritma *Weighted K-Nearest Neighbour*

Dalam perancangan *Indoor Positioning System* ini data posisi dihasilkan menggunakan *Wireless Local Area Network* (WLAN) seperti pada Gambar 1. Metode pada penelitian ini didapatkan melalui

tahapan pelatihan (*training*) dan penentuan lokasi [8]. Pada tahapan *training* dilakukan secara *offline*. Aplikasi pada *smartphone* melakukan pemindaian terhadap *Access Point* yang tersedia, kemudian mengambil data dari *Access Point* (AP) yang digunakan berupa SSID, MAC address, RSS Wi-Fi, dan koordinat posisi pengambilan data. *Reference Point* (RP) mengambil data RSS dari setiap *Access Point* yang digunakan, nama dan titik koordinatnya ditentukan, kemudian mengirimkannya ke *database*. Pada tahapan penentuan lokasi, pengambilan data dilakukan secara *online* dengan melakukan koneksi terhadap salah satu *access point* yang digunakan. Aplikasi pada *smartphone* mengambil data RSS yang didapat dari AP. Data tersebut dibandingkan dengan data pelatihan dengan menggunakan teori perhitungan jarak atau Euclidean Distance. Kemudian dilakukan pengolahan data menggunakan metode *Weighted K-Nearest Neighbor* (WKNN). Setelah dilakukan *training* data dan pengujian lokasi, maka hasil pengujian lokasi akan tersimpan di *Firestore Realtime database* untuk mengetahui posisi *user*.

RSS di penerima mengalami atenuasi dengan jarak di saluran komunikasi nirkabel. Efek shadowing akan memfluktuasi RSS dengan distribusi log-normal [10]. Dengan demikian, RSS di penerima dapat diperoleh dengan persamaan (1).

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^\beta L} \quad (1)$$

dimana:

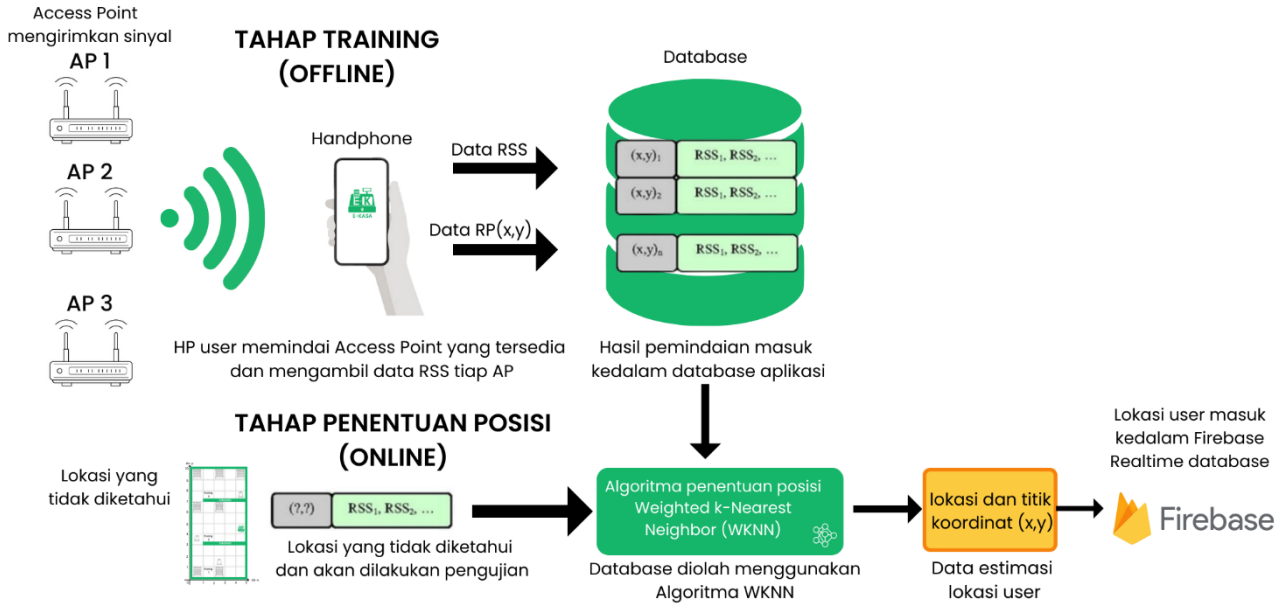
- P_r : daya yang diterima
- P_t : daya yang dikirim
- G_t : Gain dari antenna pemancar
- G_r : Gain dari antenna penerima
- λ : panjang gelombang
- d : jarak antara pengirim dan penerima
- β : Eksponen *path loss*
- L : *Shadow fading*

Euclidean Distance merupakan perhitungan jarak dari 2 titik dalam *Euclidean Space*. Persamaan ini sering digunakan untuk lokalisasi WLAN [15] ditunjukkan pada persamaan (2).

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2)$$

dimana:

- d : Jarak antara 2 titik
- x_1 : Sumbu koordinat x pada titik 1
- x_2 : Sumbu koordinat x pada titik 2
- y_1 : Sumbu koordinat y pada titik 1
- y_2 : Sumbu koordinat y pada titik 2



Gambar 1. Perancangan algoritma Indoor Positioning System

Penentuan MSE untuk pengukuran daya sinyal ditunjukkan pada persamaan (3).

$$MSE = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\Pr(d_i) - \widehat{Pr}(d_i))^2 \quad (3)$$

dimana:

$\Pr(d_i)$: nilai sebenarnya yang diterima pada jarak tertentu

$\widehat{Pr}(d_i)$: nilai estimasi yang diterima pada jarak tertentu

k: jumlah sampel pengukuran

Nilai daya sebenarnya dan nilai estimasi yang diterima dinyatakan dalam dBm. Nilai *Minimum Mean Square Error* (MMSE) didapatkan dengan cara menuliskan MSE sebagai fungsi n kemudian menemukan nilai n yang meminimalkan fungsi. Hal ini dicapai dengan derivasi MSE(n) terhadap n dan penyelesaian untuk dengan nilai sama dengan nol [9]. Nilai MMSE dalam pengujian didapatkan berdasarkan perbandingan antara RSS pada *Reference Point* dan RSS pada saat pengujian.

Data training yang didapatkan dari *Reference Point* diolah menggunakan metode *Weighted K-Nearest Neighbour* (WKNN) yang bertujuan untuk mengklasifikasikan sebuah subjek baru yang bersumber pada data *training*. Sedangkan data k-NN menggunakan klasifikasi untuk data terdekat yang digunakan sebagai nilai prediksi dari sampel uji yang baru [13]. Penentuan data dari WKNN digunakan melalui pembobotan pada kelas data. Penentuan bobot ditentukan berdasarkan kelas mayoritas dan minoritas-nya. Untuk kelas mayoritas diberikan pembobotan lebih kecil

sedangkan untuk kelas minoritas diberikan pembobotan lebih besar [14].

Dalam pendekatan K-NN, vektor $\bar{y}$ digunakan sebagai ukuran dan dibandingkan dengan peta radio (*radio map*). Proses penghitungan jarak, pengurutan tetangga dan pemilihan RP ditentukan berdasarkan nilai $\bar{y}$ lebih rendah. Penentuan koordinat x ditunjukkan pada persamaan (4) berikut.

$$\|x\|_p = (\sum_{i=1}^n |x|^p)^{\frac{1}{p}} \quad (4)$$

Kemudian disubstitusikan $x_i = \bar{y}_i - \bar{a}_{ij}$, dimana y_i adalah rata-rata RSS yang terukur pada *Access Point*, dan $\bar{a}_{ij}$ adalah rata-rata RSS yang terukur pada *Access Point* ke-j pada titik uji ke-i ditunjukkan pada persamaan (5).

$$\|X\|_p = \left(\sum_{i=1}^n |\bar{y}_i - \bar{a}_{ij}|^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad (5)$$

Kemudian estimasi lokasi *Mobile User* $\hat{x}$ ditunjukkan pada persamaan (6).

$$\hat{x} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K p_i \quad (6)$$

dimana p_i adalah posisi tetangga terdekat, dan K adalah banyaknya titik kalibrasi terdekat untuk mendapatkan performa terbaik. Dalam pendekatan ini lokasi *Mobile User* sebagai *weighted* rata-rata dari lokasi x dihitung pada persamaan (7).

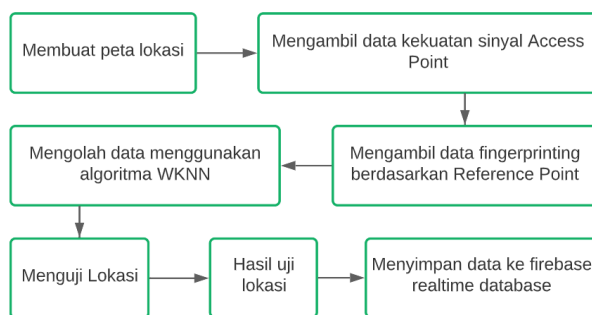
$$\hat{x} = \frac{1}{\sum_{i=1}^K w_j} \sum_{i=1}^K w_i p_i^k, \quad p_i^k \in L_K^n \quad (7)$$

Dengan pembobotan (*weighted*) pada persamaan (8) w_i adalah pembobotan dan d adalah jarak.

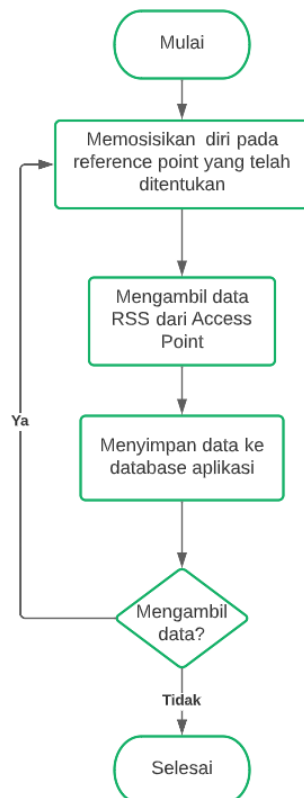
$$w_i = d(\bar{y}, -\bar{a}_i)^{-1} \quad (8)$$

B. Blok Diagram dan Diagram Alir Sistem

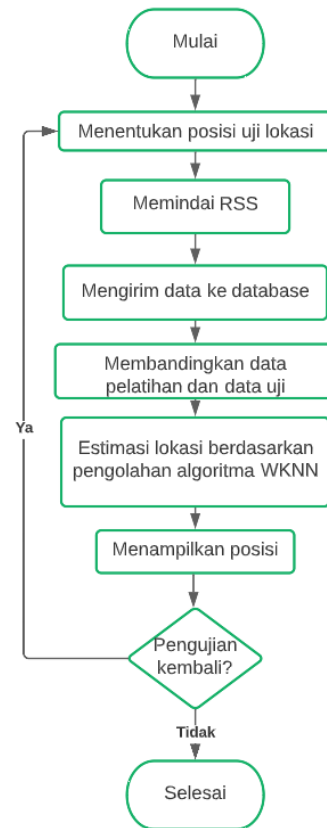
Perancangan perangkat lunak atau *software* berupa aplikasi *mobile* berbasis Android. Aplikasi digunakan dalam pengambilan data *training* dan melakukan estimasi posisi *user*. Pada Gambar 2 ditunjukkan blok diagram *Indoor Positioning System* secara keseluruhan. Pada Gambar 3 ditunjukkan diagram alir sistem dalam pengambilan data *training*. Pada Gambar 4 ditunjukkan diagram alir sistem dalam pengambilan penentuan posisi.



Gambar 2. Blok diagram *Indoor Positioning System*



Gambar 3. Diagram alir pengambilan data *training*

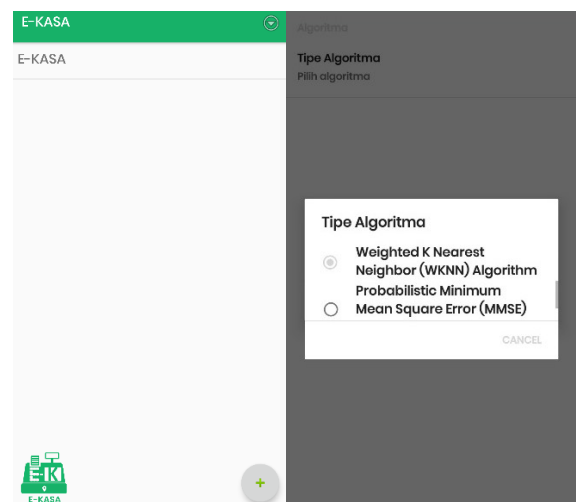


Gambar 4. Diagram alir penentuan posisi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi pada Aplikasi Mobile

Aplikasi bernama E-KASA telah dibangun berdasarkan susunan perancangan. Adapun tampilan halaman aplikasi dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar tersebut menampilkan halaman awal dalam pembuatan *project* baru yang berisi *project* baru dan pemilihan algoritma.



Gambar 5. Tampilan pembuatan *project* baru

Gambar 6 menampilkan halaman penambahan *Access Point*. Dilakukan pemindaian terhadap *Access Point* yang tersedia pada lokasi pengujian, kemudian dilakukan pemilihan *Access Point* yang akan digunakan dalam pengujian. Data yang diambil berupa SSID, MAC Address, RSSI dan titik koordinat.

Gambar 7 menampilkan halaman penambahan *Access Point*. Pada halaman ini dilakukan pengumpulan data training pada setiap titik yang akan diuji. Aplikasi melakukan kalibrasi pembacaan RSSI pada posisi pengujian. Kemudian dilakukan *labelling* berupa nama titik, dan koordinat titik (x,y).

Gambar 8 menampilkan halaman hasil pengujian aplikasi dan Gambar 9 merupakan tampilan pada Firebase. Setelah dilakukan data *training*, maka dapat dilakukan pengujian lokasi secara online dengan menekan tombol “LOKASI SAYA” maka akan didapatkan lokasi terdekat user dengan objek dan posisi *user* berupa titik koordinat titik (x,y). Data lokasi tersebut akan terkirim pada Firebase *Realtime Database* untuk mengetahui posisi *user* secara *realtime*.

Gambar 6. Tampilan penambahan *Access Point*

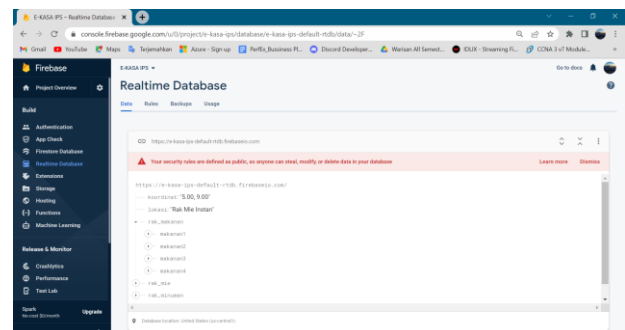
Gambar 7. Tampilan penambahan *Reference Point*

B. Pengujian Posisi

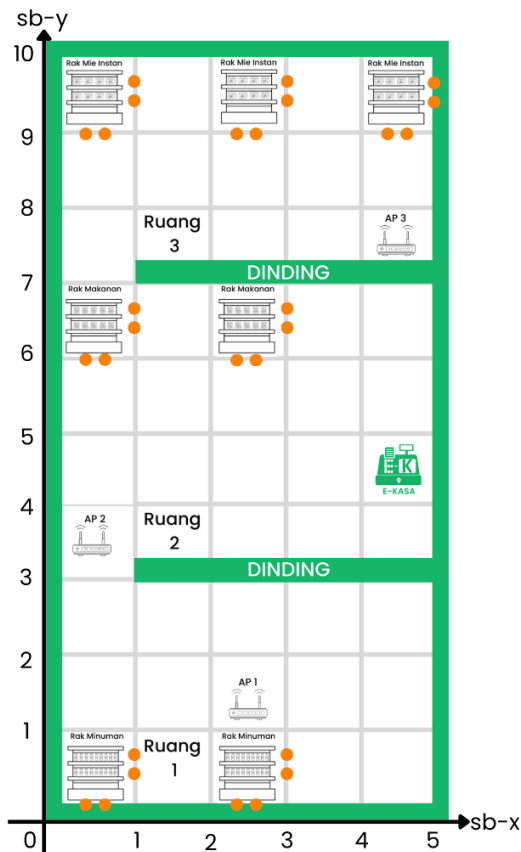
Pengujian dilakukan pada ruangan berukuran 5×10 meter yang terbagi menjadi 3 ruangan. Terdapat 3 buah *Access Point* yang akan digunakan. *Access Point* tersebar pada tiap ruangan. Peta lokasi yang dibuat berupa *grid* dengan setiap *grid* berukuran 1×1 meter seperti pada Gambar. Posisi objek yang akan diuji berupa 2 Rak Minuman pada Ruang 1, 2 Rak Makanan pada Ruang 2, dan 3 Rak Mie Instan pada Ruang 3. Pada Gambar 10 ditunjukkan peta lokasi pengambilan *Reference Point*.



Gambar 8. Tampilan hasil pengujian pada aplikasi



Gambar 9. Tampilan hasil pengujian pada Firebase



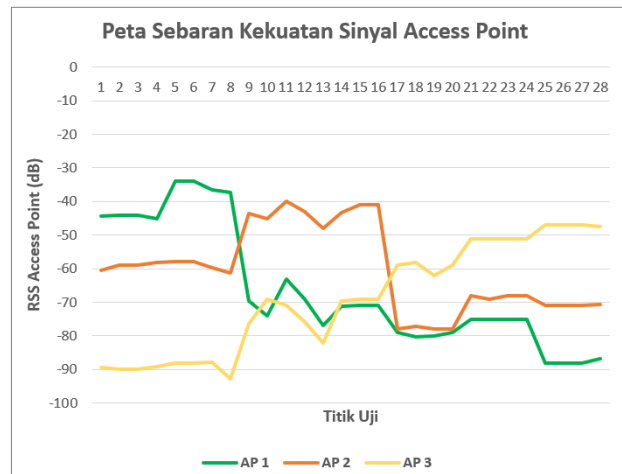
Gambar 10. Peta lokasi pengambilan *Reference Point*

Tabel 1 menunjukkan *Reference Point* yang dijadikan data *training* dengan data berupa nama titik, koordinat titik, dan RSS yang didapat dari 3 buah *Access Point*.

Gambar 11 menampilkan grafik peta sebaran RSS dari *Access Point* 1, 2, dan 3. Titik Uji 1-8 untuk rak minuman, titik uji 9-16 untuk rak makanan, dan titik uji 17-28 untuk rak mie instan. Berdasarkan data-data pengujian diatas, dapat diketahui bahwa nilai RSS Wi-Fi memiliki nilai yang bervariasi bergantung pada jarak antara *Access Point* dan *Reference Point*. Nilai RSS Wi-Fi yang didapatkan akan semakin besar dengan nilai diatas -55 dBm berkategori *high* ketika jarak *Reference Point* dekat dengan *Access Point*. Sebaliknya, ketika jarak *Reference Point* jauh dengan *Access Point* maka nilainya akan semakin kecil dengan nilai kurang dari -75 dBm berkategori *low*. Selain itu, nilai RSS Wi-Fi mengalami efek *fading* dan *shadowing* akibat adanya pembatas dinding antar ruangan. Variasi yang didapatkan dari nilai RSS tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengetahui posisi mobile device yang digunakan pada lokasi. Pada Tabel 2 ditunjukkan parameter kekuatan sinyal Wi-Fi.

Tabel 1. Pengambilan data Received Signal Strength pada *Reference Point*

Nama Posisi	<i>Reference Point</i>		RSS AP1 (dBm)	RSS AP2 (dBm)	RSS AP3 (dBm)
	x(m)	y(m)			
Rak Minuman	0	0	-44,4	-60,6	-89,4
	0	0	-44	-59	-90
	0	0	-44	-59	-90
	0	0	-45	-58	-89
	2,5	0	-34	-58	-88
	2,5	0	-34	-58	-88
	2,5	0	-36	-59	-87
	2,5	0	-37	-61	-92
Rak Makanan	0	6	-69	-43	-76
	0	6	-74	-45	-69
	0	6	-63	-40	-71
	0	6	-69	-43	-76
	2,5	6	-77	-48	-82
	2,5	6	-71	-43	-69
	2,5	6	-71	-41	-69
	2,5	6	-71	-41	-69
Rak Mie Instan	0	9	-79	-78	-59
	0	9	-80	-77	-58
	0	9	-80	-78	-62
	0	9	-79	-78	-59
	2,5	9	-75	-68	-51
	2,5	9	-75	-69	-51
	2,5	9	-75	-68	-51
	2,5	9	-75	-68	-51
	5	9	-88	-71	-47
	5	9	-88	-71	-47
	5	9	-88	-71	-47
	5	9	-86	-70	-47



Gambar 11. Grafik peta sebaran kekuatan sinyal dari setiap *Access Point*

Tabel 2. Parameter kekuatan sinyal Wi-Fi

Tingkat Kualitas	Kategori	Kekuatan Sinyal (dBm)
90%	<i>High</i>	>-55
50%	<i>Medium</i>	<-75
30%	<i>Low</i>	<-85
8%	<i>Unusable</i>	<-96

Tabel 3. Hasil Pengujian Posisi

Nama Posisi	Reference Point		Hasil Uji		Posisi Terdekat	Error
	x	y	x	y		
Rak Minuman	0	0	0	0	Rak Minuman	0 m
	2,5	0	0	0	Rak Minuman	0 m
Rak Makanan	0	6	0	6	Rak Makanan	0 m
	2,5	6	0	6	Rak Makanan	2,5 m
Rak Mie Instan	0	9	0	9	Rak Mie Instan	0 m
	2,5	9	2,5	9	Rak Mie Instan	0 m
	5	9	5	9	Rak Mie Instan	0 m

Pada Tabel 3 ditunjukkan hasil pengujian posisi *user* berupa lokasi rak terdekat dengan *user* dan titik koordinat *user*.

Pada aplikasi ketika pemindaian *Access Point* diperlukan 5 detik untuk mendapatkan data *Access Point* yang tersedia. Dalam membaca nilai RSSI pada setiap titik diperlukan waktu 45 detik untuk melakukan kalibrasi RSS WiFi untuk 3 buah *Access Point*. Pembacaan RSS WiFi pada aplikasi sudah cukup baik karena ketika titik yang diuji Ketika jaraknya jauh dari suatu Acces Point maka nilai kekuatan daya yang diterima akan semakin kecil, sedangkan ketika titik uji dekat dengan *Access Point* maka nilai kekuatan daya yang diterima semakin besar. Hal ini terjadi karena sinyal mengalami efek *fading* ketika jaraknya semakin jauh dan ketika *access point* terhalang oleh *obstacle* seperti dinding pembatas antar ruangan maka sinyal mengalami efek *shadowing*. Berdasarkan data-data pengujian, dapat diketahui bahwa nilai RSS Wi-Fi memiliki nilai yang bervariasi bergantung pada jarak.

Pada penentuan posisi awal, kekuatan sinyal yang diterima atau RSS Wi-Fi sangat mempengaruhi hasil akhir posisi, sebab pada setiap titik uji didapatkan nilai RSS yang berbeda-beda dari setiap *Access Point*. *Reference Point* ditentukan pada setiap rak sebanyak 4 titik untuk mengetahui perubahan nilai RSS pada titik yang sama.

Pada pengujian posisi, data training berupa *Reference Point* yang tersimpan pada *database* aplikasi akan diolah menggunakan metode *Weighted K-Nearest Neighbor* (WKNN). Pada metode ini klasifikasi untuk ketetangaan digunakan sebagai nilai prediksi dari sampel uji yang baru. Data RSS Wi-Fi pada saat pengujian lokasi dibandingkan dengan RSS Wi-Fi data *training* pada *Reference Point*. Nilai *Minimum Mean Square Error* (MMSE) didapatkan pada pengujian suatu titik ketika data RSS yang didapat dalam pengujian nilainya mendekati data RSS pada *Reference Point*. Dalam 28 pengujian, posisi terdekat dengan lokasi telah sesuai 100%. Dalam penentuan titik koordinat hasil pengujian diperoleh kesesuaian sebesar 85,71% sebab masih terdapat penyimpangan titik sebesar 2,5 meter untuk 4 buah titik. Penyimpangan tersebut dapat terjadi karena kemiripan data RSS Wi-Fi dengan titik terdekatnya, sehingga hasil pengolahan algoritma pada titik tersebut menghasilkan estimasi titik dengan nilai RSS yang memiliki kemiripan nilai RSS Wi-Fi hal tersebut terjadi karena sinyal Wi-Fi yang selalu berfluktuatif akibat efek *fading* dan *shadowing*. *Fading* merupakan deviasi atau penyimpangan pada daya sinyal yang terjadi akibat atenuasi yang telah mengalami propagasi tertentu. *Fading* akan selalu berfluktuasi, bergantung pada kondisi, waktu, dan posisi geografis. *Shadowing* adalah kondisi sinyal ketika daya berfluktuasi akibat objek yang menghalangi jalur propagasi antar Transmitter ke Receiver

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, hasil pengujian, dan analisis dapat disimpulkan bahwa *Indoor Positioning System* yang telah dibuat dapat mengetahui estimasi posisi *user* berupa posisi terdekat *user* dengan rak barang. Nilai *Received Signal Strength* atau kekuatan sinyal yang diterima dari Wi-Fi mempengaruhi hasil akhir dalam pengujian posisi. Penentuan data training dan jumlah *Reference Point* dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai RSS Wi-Fi pada setiap titik uji. Delay waktu kalibrasi dan penentuan posisi sebesar 45 detik. Pada sistem yang telah dibuat, masih terdapat error sebesar 2,5 meter saat pengujian titik lokasi, sedangkan klasifikasi dalam penentuan posisi hasilnya sudah sesuai. Akurasi posisi berdasarkan 28 titik percobaan didapatkan persentase akurasi sebesar 85,71%. Untuk pengembangan selanjutnya, aplikasi dapat ditambahkan fitur login, agar aplikasi dapat digunakan oleh lebih dari 1 pengguna. Kemudian memisahkan aplikasi untuk *user* dan *admin*. Dalam

meningkatkan akurasi dapat dilakukan penambahan *Access Point*. Untuk aplikasi lebih lanjut, teknologi IPS berdasarkan nilai RSSI ini dapat digabungkan dengan sistem pendeteksian pengambilan barang untuk memperkirakan produk yang diambil oleh seseorang di supermarket.

REFERENSI

- [1] D. Y. Permana, "Aplikasi Indoor Positioning System Menggunakan Android Dan Wireless Local Area Network Dengan Metode Fuzzy Logic Indoor Positioning System," *Jurnal Infra*, vol. 1, no. 2, 2013.
- [2] J. Bakal, "Survey of Indoor Positioning Measurements, Methods and Techniques," *International Journal of Computer Applications*, vol. 2, no. 2, pp. 22-33, 2016.
- [3] D. W. Mahandhira, "Rancang Bangun Sistem Real Time Tracking Indoor Position untuk Studi Kasus pada Gedung Teknik Informatika ITS," *Institut Teknologi Surabaya*, Surabaya, 2016.
- [4] F. H. Perdana, R. H. Ginardi, and F. Arunanto, "Implementasi Indoor Positioning System Berbasis Smartphone dengan Penambahan *Access Point* untuk Studi Kasus Gedung Teknik Informatika ITS," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 6, 2016.
- [5] N. A. K. Zghair, M. S. Croock, and A. A. R. Tareh, "Indoor Localization System Using Wi-Fi Technology," *Iraqi Journal of Computers, Communications, Control and Systems Engineering (IJCCCE)*, vol. 19, no. 2, pp. 9, 2019.
- [6] Y. A. Maulana, "Implementasi Indoor Positioning System (IPS) Menggunakan Algoritma Weighted K-Nearest Neighbor di Gedung A Fakultas Teknik Universitas Jember," *Repository Universitas Jember*, Jember, 2019.
- [7] D. Yudha, B. Hasbi, and R. Sukarna, "Indoor Positioning System Berdasarkan Fingerprinting Received Signal Strength (RSS) Wifi dengan Algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN)," *ILKOM Jurnal Ilmiah*, vol. 10, no. 3, pp. 274-283, 2018.
- [8] B. Li, J. Salter, A. G. Dempster, and C. Rizos, "Indoor Positioning Techniques Based on Wireless LAN," *UNSW Sydney*, Sydney, 2007.
- [9] M. A. Elgwad, E. Ashry, and B. I. Sheta, "Wi-Fi based indoor localization using trilateration and fingerprinting methods," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019.
- [10] Y. F. Huang, Y. T. Jheng, and H. C. Chen, "Performance of an MMSE based indoor localization with wireless sensor networks," *The 6th International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management*, vol. 2010, pp. 671-675, 2010.
- [11] C. M. Chen, Y. F. Huang, and Y. T. Jheng, "An Efficient Indoor Positioning Method with the External Distance Variation for Wireless Networks," *Electronics*, vol. 10, no. 16, pp. 1949, 2021.
- [12] B. Wang, Y. Zhao, T. Zhang and X. Hei, "An improved integrated fingerprint location algorithm based on WKNN," *2017 29th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, 2017, pp. 4580-4584.
- [13] N. Krisandi, H. Helmi, and B. Prihandoso, "Algoritma K-Nearest Neighbor Dalam Klasifikasi Data Hasil Produksi Kelapa Sawit Pada PT. MINAMAS Kecamatan Parindu," *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, vol. 02, pp. 33-38, 2013.
- [14] I. Indriati and A. Ridok, "Sentiment Analysis for Review Mobile Application Using Neighbor Weighted K-Nearest Neighbor (NWKNN)," *Journal of Enviromental Engineering & Sustainable Technology*, pp. 23-32, 2016.
- [15] S. Gansemer, U. Grobmann, and S. Hakobyan, "RSSI-based Euclidean Distance algorithm for indoor positioning adapted for the use in dynamically changing WLAN environments and multi-level buildings," *2010 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*, 2010, pp. 1-6.