

Penerapan Metode Landmarc Menggunakan Manhattan *Distance* untuk Penentuan Lokasi RFID *Tag* pada Area Parkir Kendaraan Roda Dua

Ahmad Fali Oklilas

Sistem Komputer
Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Indralaya
Ogan Ilir 30662
fali@ilkom.unsri.ac.id

Marini Wulandari

Sistem Komputer
Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Indralaya
Ogan Ilir 30662
mariniwulandari59@gmail.com

Abstrak—Penelitian ini dilakukan untuk menerapkan metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance* untuk mengetahui posisi tag yang ditempelkan pada kendaraan roda dua pada sistem parkir sepeda motor. Metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance* merupakan pengembangan dari algoritma k-NN yang bekerja dengan cara memberikan faktor bobot terhadap masing-masing tetangga terdekat dari tag yang diuji. Pengujian dilakukan untuk mengetahui lokasi tag berdasarkan koordinat prediksi rata-rata dan kemudian menghitung tingkat *error* dari lokasi tag yang dihasilkan, serta menentukan slot parkir yang sedang ditempati oleh sepeda motor berdasarkan koordinat yang dihasilkan. Hasil pengujian dapat menghasilkan koordinat prediksi rata-rata dengan tingkat *error* rata-rata yaitu 12,51 cm, serta dapat menentukan slot parkir yang ditempati sepeda motor berdasarkan slot parkir yang sebenarnya. Kemudian dilakukan perbandingan tingkat *error* rata-rata antara metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance* dengan metode LANDMARC umum yang menggunakan *euclidean distance*, dengan hasil yaitu metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance* memberikan koordinat prediksi dengan tingkat *error* rata-rata yang lebih kecil (12,51 cm) dari metode LANDMARC menggunakan *euclidean distance* (14,02 cm), dengan selisih tingkat *error* rata-rata antara kedua metode yaitu 1,51 cm.

Kata kunci—Metode LANDMARC, *Manhattan distance*, Parkir sepeda motor, Lokasi RFID

Secara umum, fungsi dari RFID adalah untuk mengidentifikasi RFID *tag* melalui gelombang frekuensi radio yang dipancarkan oleh antena pada RFID *reader*. RFID *reader* dapat mengidentifikasi RFID *tag* berdasarkan EPC *Value* dari *tag* tersebut. Namun seiring perkembangannya, saat ini RFID tidak hanya diterapkan untuk identifikasi yang melibatkan EPC *Value* dari *tag* saja, namun juga melibatkan RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) yang diterima oleh *reader* terhadap *tag* yang diidentifikasi sehingga RFID juga dapat diterapkan pada sistem *tracking*, *positioning*, dsb [1]. RSSI merupakan indikator untuk mengetahui kekuatan sinyal yang diterima oleh *reader* berdasarkan jarak antara antena dan *tag* ketika *reader* membaca informasi dari *tag* [2], dengan berbagai faktor yang dapat melemahkan sinyal yang diterima oleh antena *reader* [3]. Salah satu metode untuk mengukur lokasi pada *tag* berdasarkan RSSI adalah metode LANDMARC.

Pada penelitian ini, penulis ingin mencoba menerapkan metode LANDMARC pada lahan parkir sepeda motor berbasis RFID untuk mengetahui posisi sepeda motor berdasarkan titik koordinatnya. Umumnya, tahap awal pada penggunaan metode LANDMARC menggunakan perhitungan *euclidean distance* antara *tag* referensi dan *tag* yang diuji [4]. Namun peneliti mencoba untuk mengganti *euclidean distance* dengan *manhattan distance* pada tahap awal

dalam memudahkan aktivitas manusia, salah satunya yaitu teknologi RFID. RFID dapat diterapkan di berbagai bidang, baik pada bidang perpustakaan, akses masuk pintu rumah, parkir mobil, parkir sepeda motor, dll [1]. Pada bidang parkir sepeda motor, umumnya RFID diterapkan pada identifikasi, *tracking* dan pembayaran biaya parkir berdasarkan EPC *Value* dari *tag*. Pada sistem *tracking*, lokasi dapat dengan cara mengukur koordinat dari sepeda motor yang telah ditempelkan *tag* berdasarkan tingkat kekuatan sinyal (RSSI) yang diterima oleh *reader*.

LANDMARC yang akan digunakan untuk menghitung koordinat dari *tag*. Pada penelitian yang melakukan analisis perbandingan antara *manhattan distance* & *euclidean distance* pada algoritma k-NN [5] serta pada pengaplikasian lainnya [6][7], *manhattan distance* dapat memberikan hasil dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan *euclidean distance*. Untuk itu, peneliti mencoba untuk menggunakan *manhattan distance* dalam penerapan algoritma k-NN pada metode LANDMARC untuk diterapkan pada lokasi parkir sepeda motor. Pada penelitian ini, lokasi parkir sepeda

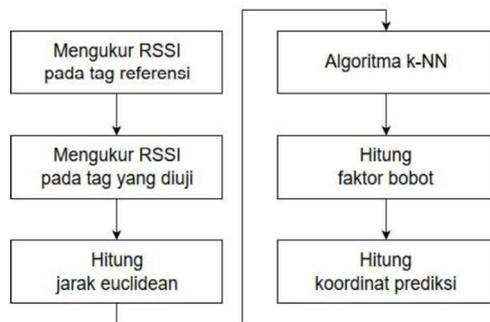
motor terdiri dari 2 slot parkir dengan panjang 1 meter x 2 meter. Penelitian dilakukan untuk mengetahui koordinat prediksi serta slot parkir yang ditempati oleh sepeda motor yang telah ditempelkan tag yang diuji. Kemudian dilakukan perbandingan hasil koordinat prediksi dari metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance* yang dihasilkan dengan metode LANDMARC umum menggunakan *euclidean distance* untuk mengetahui perbandingan tingkat *error* dari koordinat prediksi yang dihasilkan oleh kedua metode.

II. LANDASAN TEORI

RFID (*Radio Frequency Identification*) merupakan teknik identifikasi terhadap suatu benda melalui gelombang frekuensi radio. Suatu sistem RFID terdiri dari *reader* sebagai pembaca data, *tag* atau *transponder (transmitter-responder)* dan komputer yang telah terintegrasi dengan sistem. Secara ringkas, mekanisme kerja yang terjadi dalam sebuah sistem RFID pasif yaitu sebuah *reader* mengirimkan sinyal frekuensi melalui antena untuk menghidupkan *tag*, setelah itu, *tag* melakukan pengiriman informasi menuju *reader*.

A. METODE LANDMARC

Metode LANDMARC merupakan metode untuk mengetahui lokasi tag berdasarkan RSSI yang diterima oleh *reader* setelah *reader* melakukan pembacaan data pada *tag* [4]. Diagram alir dari metode LANDMARC dapat dilihat pada Figur1 [4].



Figur1. Diagram alir dari metode LANDMARC

Tahap pertama pada metode LANDMARC yaitu dilakukan pengambilan data terhadap RSSI dari *tag* referensi (θ_j) sebagai data yang telah diketahui posisinya (data *training*), setelah itu dilakukan pengambilan data RSSI dari *tag* yang diuji (S_j) sebagai data yang ingin diketahui posisinya (data *testing*). Kemudian, dilakukan perhitungan *euclidean distance* menggunakan persamaan (1).

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\theta_j - S_j)^2} \quad (1)$$

Pada persamaan (1), E_i yaitu *euclidean distance* yang didapatkan dari selisih RSSI antara masing-masing *tag* referensi (θ_j) terhadap *tag* yang

diuji (S_j) dengan antena *reader* yang digunakan sebagai indikator pada data RSSI (j) berdasarkan jumlah antena *reader* yang digunakan (n). Setelah itu, dilakukan penerapan algoritma k-NN yaitu penetapan banyak data (k) yang memiliki nilai *euclidean distance* dari *tag* referensi yang paling kecil. Kemudian dilakukan perhitungan faktor bobot menggunakan persamaan (2).

$$w_i = \frac{1}{E_i^2} / \sum_{i=1}^k \frac{1}{E_i^2} \quad (2)$$

Pada persamaan (2), perhitungan faktor bobot (w_i) dihasilkan oleh perbandingan dari masing-masing *euclidean distance* (E_i) dengan jumlah dari seluruh *euclidean distance* dari *tag* referensi yang ditentukan oleh algoritma k-NN dengan batas dari banyak data (k) yang telah ditetapkan, faktor bobot dari masing-masing tetangga terdekat digunakan untuk menghitung koordinat prediksi dari *tag* yang diuji. Koordinat prediksi yang dihasilkan didapatkan menggunakan persamaan (3).

$$x_p, y_p = \sum_{i=1}^k w_i (x_i, y_i) \quad (3)$$

Pada persamaan (3), koordinat prediksi (x_p, y_p) didapatkan dengan cara menjumlahkan seluruh bobot nilai yaitu perkalian faktor bobot (w_i) dengan nilai koordinat yang dimiliki oleh masing-masing *tag* referensi (x_i, y_i) yang telah ditentukan pada algoritma k-NN. Setelah didapatkan koordinat prediksi, diperlukan perhitungan tingkat *error* untuk mengetahui tingkat kesalahan untuk mengetahui tingkat kesalahan dari koordinat prediksi (x_p, y_p) yang telah dihasilkan menggunakan persamaan (4).

$$error = \sqrt{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} \quad (4)$$

Pada persamaan (4), tingkat *error* dihasilkan dengan cara menghitung *euclidean distance* antara koordinat prediksi (x_p, y_p) dengan koordinat aktual (x_i, y_i) dari *tag* yang dicari.

B. PENERAPAN MANHATTAN DISTANCE PADA METODE LANDMARC

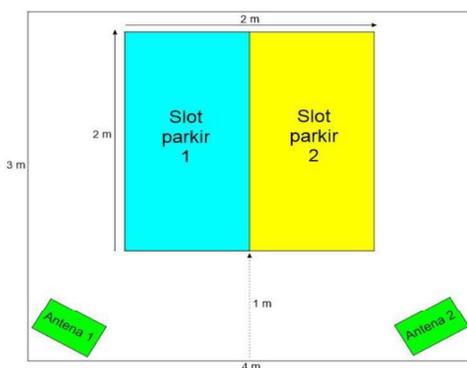
Penerapan *manhattan distance* pada metode LANDMARC diterapkan dengan cara melakukan penggantian pada persamaan *euclidean distance* pada persamaan (1) yang berada pada tahap ketiga dari diagram alir metode LANDMARC menjadi persamaan *manhattan distance* yaitu persamaan (5).

$$E_i = \sum_{j=1}^n |\theta_j - S_j| \quad (5)$$

Pada persamaan (5), *manhattan distance* dihitung dengan cara menghitung jumlah dari seluruh bilangan ril yang merupakan selisih nilai RSSI antara *tag* referensi (θ_j) dan *tag* yang diuji (S_j) dengan antena *reader* yang digunakan sebagai indikator pada data RSSI (j) berdasarkan jumlah antena *reader* yang digunakan (n).

III. METODOLOGI

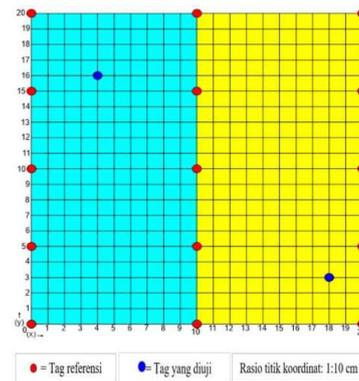
Pengujian dilakukan pada ruang terbuka. 2 buah antenna *reader* ditempatkan pada ruangan terbuka pada dimensi 3 x 3 meter, dengan antenna *reader* diletakkan pada sudut kiri bawah dan sudut kanan bawah ruangan. Antena *reader* diletakkan dengan ketinggian yaitu 1 meter. Sedangkan lokasi sepeda motor diletakkan pada tengah ruangan dengan jarak 1 meter pada titik tengah antara antenna 1 & antenna 2, yang terdiri dari 2 buah slot parkir dengan dimensi yaitu 1 x 2 meter. Lokasi pengujian dengan tata letak antenna *reader* dan lokasi motor dapat dilihat pada Figur2.



Figur2. Lokasi pengujian & tata letak antenna *reader*

Pada lokasi parkir sepeda motor, titik-titik koordinat pada lokasi sepeda motor memiliki perbandingan yaitu 1:10cm, sehingga slot parkir 1 berada pada koordinat ($0 \leq x \leq 10$), dan slot parkir 2 berada pada koordinat ($10 < x \leq 20$). Pada pengujian ini, *reader* yang digunakan yaitu *IMPINJ Speedway Revolution R420* dengan regulasi frekuensi malaysia [8][9] yang dihubungkan dengan antenna *reader* yaitu *LAIRD FF Antenna S9028PCL* [10], *tag* yang digunakan yaitu *Alien-9640 Squiggle Inlay* [11]. Sedangkan sepeda motor yang digunakan yaitu 1 buah motor dengan jenis Honda Scoopy dengan dimensi yaitu 184 cm x 70 cm x 107 cm, *tag* diletakkan pada bagian tengah pada kepala motor pada panjang 410 mm dari bagian depan motor. Pengujian terdiri dari 4 tahap, yaitu tahap penyimpanan data, tahap perhitungan koordinat prediksi dengan menerapkan metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance*, tahap penentuan slot parkir sepeda motor yang ditempati oleh *tag*, dan tahap perbandingan hasil koordinat prediksi antara metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance* dengan metode LANDMARC umum yang menggunakan *euclidean distance*.

Pada tahap ke 1, dilakukan penyimpanan data pada *tag* referensi yang akan dianggap sebagai data yang telah diketahui posisinya (data *training*), dan *tag* yang diuji sebagai data yang ingin diketahui posisinya. Denah posisi *tag* referensi dan *tag* yang diuji dapat dilihat pada Figur3.



Figur3. Denah posisi *tag* referensi & *tag* yang diuji

Pada *tag* referensi, dilakukan penyimpanan informasi tambahan yaitu posisi koordinat aktual dari *tag* referensi. Posisi *tag* referensi ditempatkan pada titik-titik koordinat yaitu 15 titik pada lokasi motor. Sedangkan pada *tag* yang diuji, *tag* ditempatkan pada 2 titik koordinat yaitu pada titik koordinat (18,3) dan titik koordinat (4,16). Pada masing-masing koordinat dari *tag* yang diuji, dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali. Penyimpanan dilakukan menggunakan program penyimpan data berbasis bahasa C# untuk terkoneksi dan memberikan perintah kepada *reader* dengan *library* yang telah disediakan pada web resmi dari *reader* [12]. Data dari *tag* disimpan oleh program penyimpan data menuju *database*, yaitu pada tabel “referensi” untuk *tag* referensi dan pada tabel “uji” untuk *tag* yang diuji. Data yang disimpan yaitu RSSI dari *tag* yang dibaca oleh antenna 1 dan antenna 2. Penyimpanan data pada masing-masing antenna dilakukan sebanyak 5 kali sehingga jumlah data yang disimpan sebanyak 10 buah.

Pada tahap ke 2 yaitu tahap perhitungan koordinat prediksi, proses awal yang dilakukan yaitu menghitung *manhattan distance* menggunakan persamaan (5) antara seluruh nilai RSSI rata-rata *tag* referensi dengan masing-masing RSSI rata-rata *tag* yang diuji. Setelah itu, dilakukan penerapan algoritma k-NN dengan $k = 4$. Kemudian dilakukan perhitungan faktor bobot menggunakan persamaan (2) pada masing-masing *manhattan distance* yang menjadi tetangga terdekat dari *tag* yang diuji. Setelah itu, dilakukan perhitungan koordinat prediksi menggunakan persamaan (3) pada masing-masing 5 kali pengambilan data dari *tag* yang diuji. Kemudian dilakukan perhitungan koordinat prediksi rata-rata dari 5 kali pengambilan data, serta tingkat *error* dari koordinat prediksi rata-rata yang dihasilkan menggunakan persamaan (4).

Pada tahap ke 3, dilakukan perbandingan titik koordinat x dari koordinat prediksi rata-rata yang dihasilkan apakah memasuki slot parkir 1 atau slot parkir 2. titik x dari koordinat prediksi akan dianggap berada pada slot parkir 1 apabila memenuhi syarat ($0 \leq x \leq 10$), dan akan dianggap berada pada slot parkir 2 apabila memenuhi syarat ($10 < x \leq 20$).

Pada tahap ke 4, dilakukan perbandingan tingkat *error* antara koordinat prediksi yang dihasilkan oleh perhitungan metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance* dengan perhitungan metode LANDMARC umum yang menggunakan *euclidean distance*. Perbandingan dilakukan dengan cara menghitung selisih dari tingkat *error* rata-rata yang dihasilkan dari kedua *tag* yang diuji pada kedua metode.

IV. HASIL PENGUJIAN

Hasil pengujian pada tahap 1 dan tahap 2 yaitu perhitungan koordinat prediksi rata-rata dari 5 kali pengambilan data pada masing-masing *tag* yang diuji, serta tingkat *error* yang dihasilkan oleh koordinat prediksi rata-rata terdapat pada Tabel 2.

Tabel2. Koordinat prediksi berdasarkan metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance*

Koordinat aktual tag yang diuji	Pengukuran ke-	Koordinat prediksi	Koordinat prediksi rata-rata	Tingkat error rata-rata
(18 , 3)	1	(19,127 , 2,871)	(19,047 , 3,031)	1,047
	2	(18,929 , 3,083)		
	3	(18,953 , 3,313)		
	4	(19,153 , 2,935)		
	5	(19,071 , 2,955)		
(4 , 16)	1	(3,656 , 17,215)	(3,559 , 17,386)	1,454
	2	(3,447 , 17,374)		
	3	(3,656 , 17,215)		
	4	(3,591 , 17,752)		
	5	(3,447 , 17,374)		

Hasil pengujian pada tahap ke 3 yaitu penentuan slot parkir berdasarkan koordinat prediksi rata-rata dari kedua *tag* yang diuji dapat dilihat pada Tabel 3.

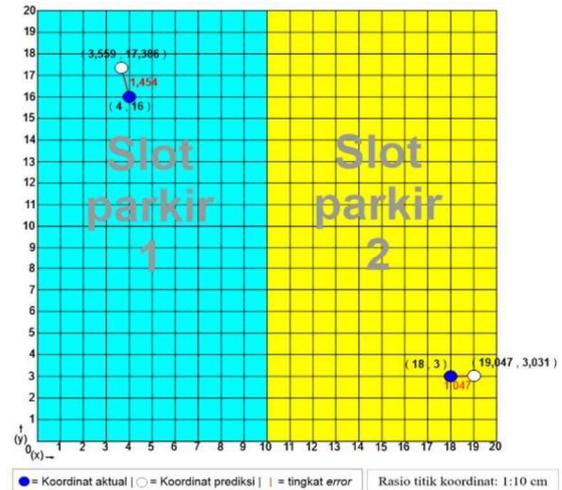
Tabel3. Hasil penentuan slot parkir tag yang diuji

Koordinat aktual	Koordinat prediksi rata-rata	titik X	Slot parkir 1 (0 <= x <= 10)	Slot parkir 2 (10 < x <= 20)
(18 , 3)	(19,047 , 3,031)	19,04	Tidak memenuhi	Memenuhi
(4 , 16)	(3,559 , 17,386)	3,85	Memenuhi	Tidak memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian dari tahap 2 dan tahap 3, didapatkan bahwa metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance* dapat mengukur *tag* yang diuji pada koordinat (18,3) dengan hasil yaitu (19,047 , 3,031) dengan tingkat *error* rata-rata yaitu 1,047 dan berada pada slot parkir 2. Sedangkan pada *tag* yang diuji pada koordinat (4,16), hasilnya yaitu (3,559 , 17,386) dengan tingkat *error* rata-rata yang dihasilkan yaitu 1,454 dan berada pada slot parkir 1. Denah lokasi koordinat aktual, koordinat prediksi rata-rata, dan tingkat *error* rata-rata yang dihasilkan, serta lokasi *tag* berdasarkan slot parkirnya dapat dilihat pada Figur4.

Pada pengujian tahap ke 4, dilakukan perbandingan tingkat *error* koordinat prediksi antara metode LANDMARC dengan *manhattan distance* dengan metode LANDMARC menggunakan *euclidean distance*. Pada metode LANDMARC umum yang menggunakan *euclidean distance*, dilakukan perhitungan koordinat prediksi dengan langkah yang

sama dengan perhitungan metode LANDMARC dengan *manhattan distance*, namun dilakukan pergantian persamaan *manhattan distance* pada persamaan (5) menjadi *euclidean distance* yaitu pada persamaan (1). Hasil perhitungan koordinat prediksi dari masing-masing pengukuran, koordinat prediksi rata-rata, dan tingkat *error* rata-rata dari *tag* yang diuji menggunakan metode LANDMARC menggunakan *euclidean distance* dapat dilihat pada Tabel 4.



Figur4. Denah posisi koordinat aktual & koordinat prediksi dari tag yang diuji

Tabel4. Koordinat prediksi berdasarkan metode LANDMARC menggunakan *euclidean distance*

Koordinat aktual tag yang diuji	Pengukuran ke-	Koordinat prediksi	Koordinat prediksi rata-rata	Tingkat error rata-rata
(18 , 3)	1	(19,314 , 3,322)	(19,264 , 3,427)	1,334
	2	(19,170 , 2,357)		
	3	(19,220 , 2,722)		
	4	(19,339 , 2,661)		
	5	(19,278 , 2,495)		
(4 , 16)	1	(3,792 , 17,250)	(3,583 , 17,408)	1,469
	2	(3,626 , 17,441)		
	3	(3,792 , 17,250)		
	4	(3,080 , 17,659)		
	5	(3,626 , 17,441)		

Kemudian dilakukan perbandingan tingkat *error* rata-rata pada Tabel 2 dan Tabel 4. Perbandingan dilakukan dengan cara menghitung tingkat *error* rata-rata dari kedua *tag* yang diuji pada kedua metode kemudian dihitung selisihnya. Hasil perhitungan selisih tingkat *error* rata-rata antara kedua metode dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel5. Selisih tingkat error rata-rata antara kedua metode yang dibandingkan

Koordinat aktual tag yang diuji	Tingkat error rata-rata Metode LANDMARC menggunakan <i>manhattan distance</i>	Tingkat error rata-rata Metode LANDMARC menggunakan <i>euclidean distance</i>
(18 , 3)	1,047	1,334
(4 , 16)	1,454	1,469
Tingkat error rata-rata	1,251	1,402
Selisih error rata-rata	0,151 (-)	

Pada Tabel 5, didapatkan bahwa metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance* memiliki tingkat *error* rata-rata (1,251 / 12,51cm) yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan tingkat *error* rata-rata pada metode LANDMARC dengan *euclidean distance* (1,402 / 14,02cm), dengan selisih *error* rata-rata yaitu 0,151 (1,51cm).

V. KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengimplementasikan metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance* terhadap penentuan posisi pada 2 buah *tag* yang diuji yang diterapkan pada sistem parkir sepeda motor. *Tag* yang diuji diletakkan pada bagian depan sepeda motor untuk diketahui koordinatnya, setelah itu dilakukan penentuan slot parkir yang sedang ditempati oleh motor berdasarkan koordinat prediksi yang dihasilkan. Kemudian dilakukan perbandingan antara koordinat prediksi dari metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance* dengan koordinat prediksi dari metode LANDMARC menggunakan *euclidean distance* untuk mengetahui perbandingan tingkat *error* yang dihasilkan oleh kedua metode. Hasil pengujian menunjukkan bahwa koordinat prediksi yang dihasilkan oleh metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance* pada kedua *tag* yang diuji memiliki tingkat *error* rata-rata yaitu yaitu 12,51 cm. Hasil pengujian untuk menentukan slot parkir berdasarkan koordinat prediksi dari *tag* yang diuji (Tabel 3) dapat menunjukkan bahwa posisi dari kedua *tag* menempati slot parkir yang sebenarnya (Figur4). Sedangkan pada hasil pengujian perbandingan kedua metode, metode LANDMARC menggunakan *manhattan distance* dapat memberikan hasil koordinat prediksi dengan tingkat *error* yang lebih kecil (12,51 cm) daripada metode LANDMARC menggunakan *euclidean distance* (14,02 cm), dengan selisih tingkat *error* antara kedua metode yaitu 1,51 cm.

REFERENSI

- [1] Klaus Finkenzeller, 2010. "RFID Handbook Third Edition - Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and NearField Communication". John Wiley & Sons, Ltd
- [2] Yuan-Ping Luh dan Yin-Chang Liu, 2013. "Measurement of Effective Reading Distance of UHF RFID Passive Tags". Jurnal Department of Mechanical and Electrical Engineering, National Taipei University of Technology. vol. 3, no. 3, pp 115-120.
- [3] Lidong Wang dan Cheryl Ann Alexander, 2014. "Factors Affecting RFID System Performance and Non-parametric Analysis". vol. 1, no. 4, pp. 94-100.
- [4] Lionel M. Ni, Yunhao Liu, Yiu Cho Lau dan Abhishek P.Patil. 2003. "LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID". IEEE First International Conference on Pervasive Computing and Communications (Percom'03).
- [5] Punam Mulak dan Nitin Talhar. 2013. "Analysis of Distance Measures Using KNearest Neighbor Algorithm on KDD Dataset". International Journal of Science and Research (IJSR). 2013
- [6] M. D. Malkauthekar. 2013. "ANALYSIS OF EUCLIDEAN DISTANCE AND MANHATTAN DISTANCE MEASURE IN FACE RECOGNITION".
- [7] Computational Intelligence and Information Technology CIIT 2013 Third International Conference. 2013.
- [8] K.M.Ponnoli dan Dr. S. Selvamuthukumar. 2014. "Analysis of Face Recognition using Manhattan Distance Algorithm with Image Segmentation". International Journal of Computer Science and Mobile Computing. 2014.
- [9] Impinj. "Impinj Reader Product Brief / Datasheet". Diakses tanggal 10 Juni 2016.
<https://support.impinj.com/hc/enus/articles/202755388-Speedway-ReaderProduct-Brief-Datasheet>
- [10] GS1. 2016. "Regulatory status for using RFID in the EPC Gen2 (860 to 960 MHz) band of the UHF spectrum".
- [11] Lairdtech. "Laird UHF Far Field Antenna S9028PCL Datasheet". Diakses tanggal 15 Juni 2016.
<https://www.lairdtech.com/products/s9028pcl>
- [12] Alien technology. "Alien-9640 Squiggle Inlay Datasheet". Diakses tanggal 15 September 2016.
<http://www.alientechnology.com/wpcontent/uploads/Alien-Technology-Higgs-3ALN-9640-Squiggle.pdf>
- [13] Impinj. "Impinj Octane SDK". Diakses tanggal 15 September 2016
<https://support.impinj.com/hc/enus/articles/202755268-Octane-SDK>