

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM INDOOR LOCALIZATION BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK DENGAN PERANGKAT ZIGBEE

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF INDOOR LOCALIZATION SYSTEM BASED ON WIRELESS SENSOR NETWORK WITH ZIGBEE DEVICES

Wildan Yoga Swara¹, Basuki Rahmat², Ratna Mayasari³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹yoogaswara@students.telkomuniversity.ac.id, ²basukir@telkomuniversity.ac.id
³ratnamayasari@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam realita implementasi *Wireless Sensor Network*, mengetahui lokasi sensor menjadi penting untuk mengelola dan menganalisis data-data sensor dalam konteks spasial dan temporal. Penggunaan WSN sudah semakin meningkat diberbagai sektor seperti militer, kesehatan, penanggulangan bencana maupun pemetaan lingkungan[3]. Keterbatasan cakupan area menjadi pertimbangan dalam perancangan dan pengintegrasian WSN untuk cakupan area yang cukup luas dan detil serta tuntutan hasil yang presisi dan tepat.

Integrasi antara WSN dengan sistem lokalisasi bisa menjadi solusi berkenaan dengan keterbatasan internet dalam menjangkau suatu area. Pemetaan lokasi seperti pada ruang-ruang bawah tanah, gedung bertingkat dan wilayah yang luas dapat diatasi dengan sistem *Indoor Localization*. Hasil percobaan *Indoor Localization* dalam penelitian ini, nilai *error* lokalisasi paling besar yang didapat yaitu 0,0966 pada pengujian 7 meter sedangkan nilai *error* paling kecil yang didapat adalah 0,0929 pada pengujian 10 meter. *Error* koordinat lokalisasi paling besar bernilai 1,3144 meter. Nilai *error* lokalisasi terbesar terhadap kondisi ruangan yang berbeda-beda sebesar 0,1078 sedangkan yang terkecil 0,0708.

Kata kunci : RSSI, WSN, *indoor localization* dan Xbee.

Abstract

In reality the implementation of *Wireless Sensor Network*, know the location of the sensor becomes important for managing and analyzing sensor data in spatial and temporal context. The use of WSN is already increasing in various sectors such as military, medical, disaster relief as well as mapping the environment [3]. Limitations of the coverage area into consideration in the design and integration of WSN for wide area coverage and details as well as the demands of precision and correct results.

Integration between WSN system localization can be a solution with regard to the limitations of the internet in reaching an area. Mapping locations such as on the space-basements, multi-storey buildings and a wide area can be addressed by the system *Indoor Localization*. *Indoor Localization* experiment results in this study, the value of localization error obtained i.e. 0.0966 in 7 meters while testing the value of the smallest error is 0.0929 on the testing of 10 meters. Most localization coordinate error value 1.3144 meters. The value of the largest localization error against different room conditions is 0.1078 while the smallest 0.0708.

Keywords: RSSI, WSN, *indoor localization* and Xbee.

I. Pendahuluan

Kebutuhan informasi dengan kualitas nilai yang tepat menjadi suatu hal yang penting pada zaman ini. Teknologi jaringan nirkabel yang mudah tersambung dengan jaringan dimanapun pengguna berada menjadi teknologi pilihan dan sangat berkembang pesat saat ini. Aplikasi teknologi nirkabel tidak lagi terbatas pada komunikasi data, dimana pengirim dan penerima bertukar informasi dalam jarak yang jauh namun sudah mulai merambah ke teknologi jaringan sensor. *Wireless Sensor Network* (WSN) adalah pengembangan dari teknologi nirkabel yang didukung dengan perangkat mikrokontroler guna memenuhi fungsi WSN yang diharapkan.

Keterbatasan ketepatan pemetaan dalam gedung, ruang tertutup dan ruang yang ada dibawah permukaan tanah merupakan masalah yang muncul ketika internet tidak mampu mencakup suatu daerah atau kurang dapat diandalkan dalam pemetaan tersebut. Sistem *Indoor localization* adalah teknologi yang sedang banyak dikembangkan dengan memanfaatkan *wireless sensor network* guna memperbaiki kualitas informasi pemetaan ruangan atau wilayah.

Dalam tugas akhir ini dilakukan implementasi serta analisis suatu sistem *Indoor localization* dengan memanfaatkan *Wireless Sensor Network* dengan perangkat Arduino sebagai mikrokontroler dan modul Xbee yang

digunakan sebagai *sensor node*. Sejumlah sensor akan ditempatkan pada pojok atau ujung-ujung ruangan yang selanjutnya akan mengirim data sensor pada *node* yang ingin diketahui posisinya. Untuk menentukan posisi *node* tersebut digunakan RSSI antara *sensor node* dengan *receiver node*. Data RSSI yang diterima diolah untuk menentukan jarak dan posisi *node* tersebut. Hasil sistem *indoor localization* akan berupa posisi koordinat *receiver node* dalam suatu area atau ruangan yang ditampilkan dalam peta koordinat kartesian.

II. Dasar Teori

A. *Wireless sensor network*

Sensor network adalah sebuah infrastruktur yang terdiri dari kemampuan pengindraan (mengukur), penghitungan, dan elemen komunikasi. Perangkat lebih lanjut dapat memberikan kemampuan untuk instrumen, mengamati, dan bereaksi terhadap peristiwa dan fenomena pada lingkungan tertentu. Pengguna jaringan ini sebagian besar adalah sipil, pemerintah, komersial atau industri. Ada 4 komponen dasar dalam jaringan sensor yaitu[1]

1. Penyebaran atau penempatan sensor
2. Interkoneksi antar *node*
3. Informasi kluster central point
4. Sumber daya dari komputer di central point

Dalam *Wireless Network Sensor* juga harus memperhatikan QoS . Untuk itu maka harus diperhatikan jumlah minimal sensor yang bisa mencakup seluruh area yang sedang diamati, kualitas modul pengiriman, dan luas area. *Wireless Network Sensor* menjadi lebih besar, kuat, dan berkembang. Beberapa fitur tambahan juga mendukung fungsi utamanya.

B. Lokalisasi

Lokalisasi yaitu perkiraan melalui komunikasi antara *node* lokal dan *unlocalized node* untuk menentukan geometris penempatan atau posisi mereka. Lokasi ditentukan dengan jarak dan sudut antara *node*. Ada banyak konsep-konsep yang digunakan dalam lokalisasi seperti berikut[15],

- (i) *Lateralation* terjadi ketika jarak antara *node* diukur untuk memperkirakan lokasi.
- (ii) *Angulation* terjadi ketika sudut antara *node* diukur untuk memperkirakan lokasi.
- (iii) *Trilateration*. Lokasi *node* diperkirakan melalui pengukuran jarak dari tiga *node*. Dalam konsep ini , persimpangan tiga lingkaran dihitung, yang memberikan satu titik yaitu posisi *node unlocalized*.
- (iv) *Multilateration*. Dalam konsep ini, lebih dari tiga *node* digunakan dalam perkiraan lokasi.
- (v) Triangulasi. Dalam mekanisme ini, setidaknya dua sudut *node unlocalized* dari dua *node* lokal diukur untuk memperkirakan posisinya. Hukum Trigonometri, hukum sinus dan cosinus digunakan untuk memperkirakan posisi *node*[16]

Skema lokalisasi diklasifikasikan dalam beberapa skema yaitu *anchor based* atau *anchor free*, terpusat atau terdistribusikan, berbasis GPS atau tanpa GPS, stasioner atau mobile *node*, berbasis jangkauan atau tidak.

- *Anchor free* dan *Anchor base*. Dalam mekanisme *anchor base*, posisi beberapa *node* diketahui. *unlocalized Node* dilokalisasi oleh posisi *node* yang telah diketahui ini. Akurasi sangat tergantung pada jumlah *node* jangkar. Algoritma *Anchor base* memperkirakan posisi relatif dari *node*, bukan komputasi posisi mutlak.
- GPS Based dan Tanpa GPS, skema dengan GPS akan berakibat banyak mengeluarkan biaya karena mengharuskan adanya perangkat GPS di setiap *node*. Skema ini mempunyai akurasi yang tinggi. Sedangkan skema tanpa GPS melakukan perhitungan berdasarkan jarak antar *node*.
- *Range free*, skema ini menggunakan konektivitas radio antar *node* untuk berbagi informasi lokasi mereka. Beberapa metode pada *range free* yaitu, *distance vector* (DV) hop, *hop terrain*, *centroid system*, APIT dan algoritma gradien.
- *Range based*, skema ini terdiri dari perkiraan jarak dan perkiraan sudut. Beberapa metode yang ada pada skema *range based* adalah *received signal strength indicator* (RSSI). *Angle of arrival* (AOA), *time difference of arrival* (TDOA) dan *time of arrival* (TOA).

C. Receive Signal Strength Indicator (RSSI)

Standar IEEE 802.11 menetapkan mekanisme pengukuran energi frekuensi radio pada perangkat *wireless* dengan nilai numerik berupa integer dengan rentang 0-255 dalam byte[10]. Nilai RSSI biasanya tidak terlihat pada sisi penerima baik user maupun sebuah perangkat. Semakin besar nilai RSSI yang diterima mengindikasikan sinyal yang diterima perangkat semakin kuat.

Pada perhitungan lokalisasi metode RSSI, jarak antar pengirim dan penerima diperkirakan dengan mengukur kuat sinyal pada penerima. *Loss* propagasi juga diperhitungkan dalam estimasi tersebut. Perubahan jarak antar pengirim dan penerima sangat berpengaruh pada kuat sinyal yang diperoleh nantinya. RSSI dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut[15],

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2} \tag{2.1}$$

Keterangan :

P_t = daya pengirim

G_t = gain pengirim

G_r = gain penerima

λ = panjang sinyal (m)

atau dapat pula menggunakan rumus berikut[24],

$$P(d) = P(d_0) - 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) \tag{2.2}$$

P(d) = daya terima receiver

P(d₀) = daya terima pada jarak yang menjadi referensi (dBm)

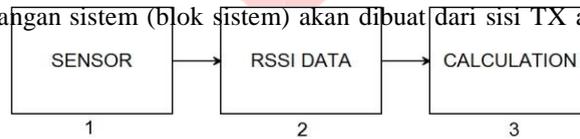
n = komponen path loss

d = jarak receiver ke transmitter

d₀ = jarak referensi (1 meter)

III. Perancangan Sistem

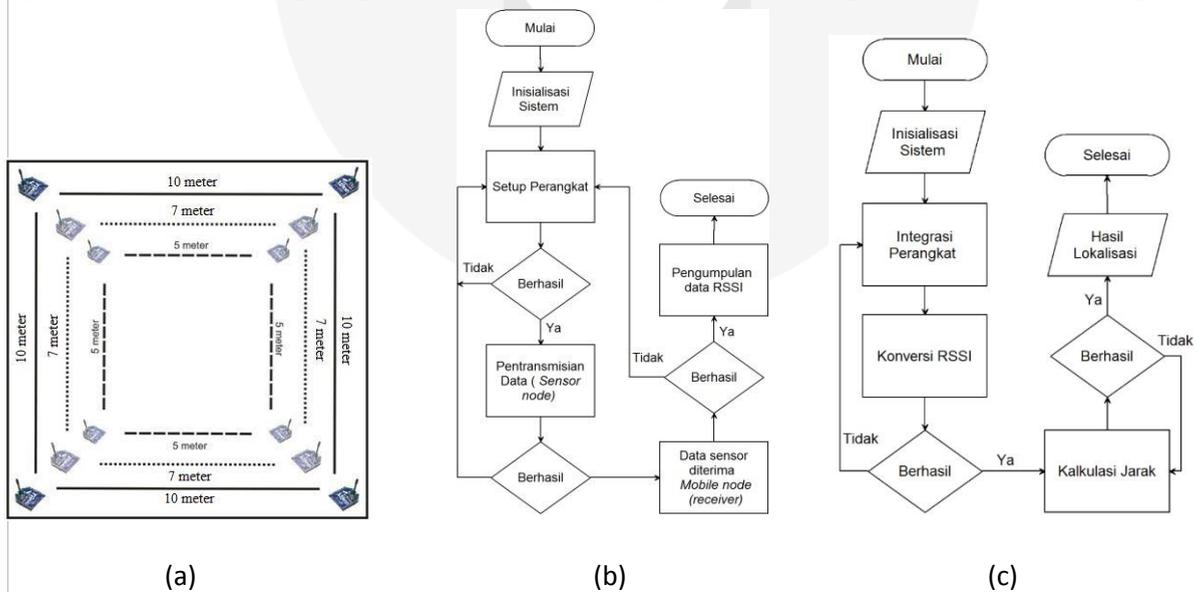
Pada tugas akhir ini perancangan sistem (blok sistem) akan dibuat dari sisi TX atau transmitter yaitu sebagai berikut,



Gambar 1 Blok sistem

1. Pada blok pertama, perancangan yang dilakukan adalah penempatan *node-node* yang akan mengirimkan data sensor dengan bantuan mikrokontroler dan perangkat XBee.
2. Pada blok kedua, data RSSI dari proses pentransmisian data sensor dari *node-node* sensor ke *receiver* berupa satuan dBm akan dikumpulkan dan diperoleh rata-ratanya.
3. Pada blok ketiga, data RSSI yang telah dirata-ratakan jarak yang telah didapat akan dikonversi kedalam satuan jarak lalu dikalkulasi dengan rumus lokalisasi melalui software.

Sistem ini dirancang dengan skema penempatan 4 *node* sensor , 3 pengujian jarak sekaligus 3 lingkungan yang berbeda-beda. Untuk realisasi perangkat keras pada sistem ini akan digunakan minimal 4 wireless sensor berupa zigbee atau xbee serta komputer personal yang berguna sebagai interface bagi pengguna dalam kalkulasi posisi.



Gambar 2 (a) Skema pengujian (b) Diagram alir perangkat keras (c) Diagram alir sistem

IV. Hasil dan Analisis

A. Pengujian Hardware

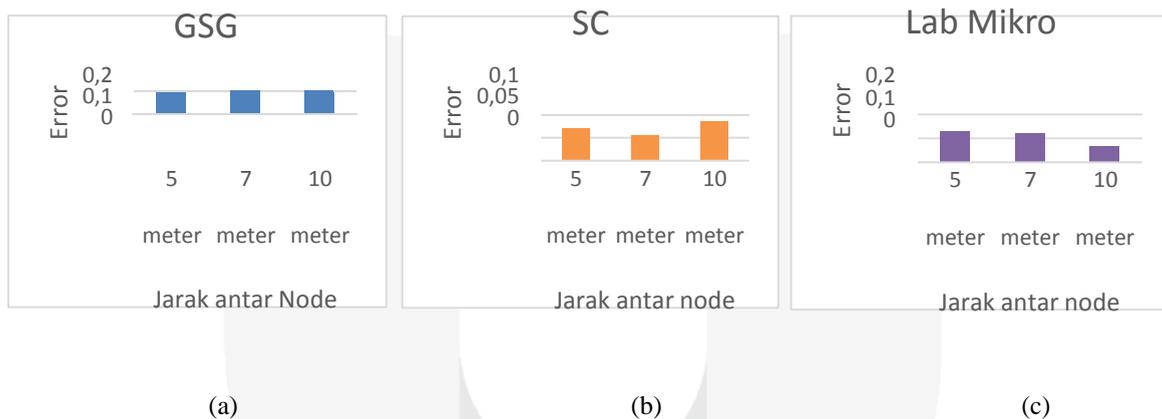
Pengujian hardware ini bertujuan untuk memeriksa fungsionalitas setiap perangkat yang dipergunakan apakah sudah bekerja dengan semestinya. Untuk pengujian *hardware* yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 1,

Tabel 1 Fungsionalitas alat

No	Fungsionalitas perangkat keras	Keterangan
1	UARTS atau FOCA Xbee dapat terintegrasi dengan Laptop	OK
2	Integrasi Xbee dengan arduino uno	OK

B. Analisis Error Lokalisasi

Ketepatan posisi adalah prinsip dan tujuan yang ingin dicapai pada sebuah sistem lokalisasi. Pengujian *error* lokalisasi dilakukan pada tiga tempat yang berbeda dengan melihat kepadatan dan banyaknya obstacle yang ada. Pada skenario ini penulis akan menguji *error* sistem lokalisasi dengan tiga luas wilayah lokalisasi yaitu 25m² (5m x 5m) ,49m² (7m x 7m) dan 100m² (10m x 10m) atau dengan kata lain jarak antar *node* sensor 5,7 dan 10 meter serta menggunakan 4 sensor *node*. Pada proses pengujian dilakukan pengambilan nilai referensi untuk daya terima pada jarak 1 meter terlebih dahulu.

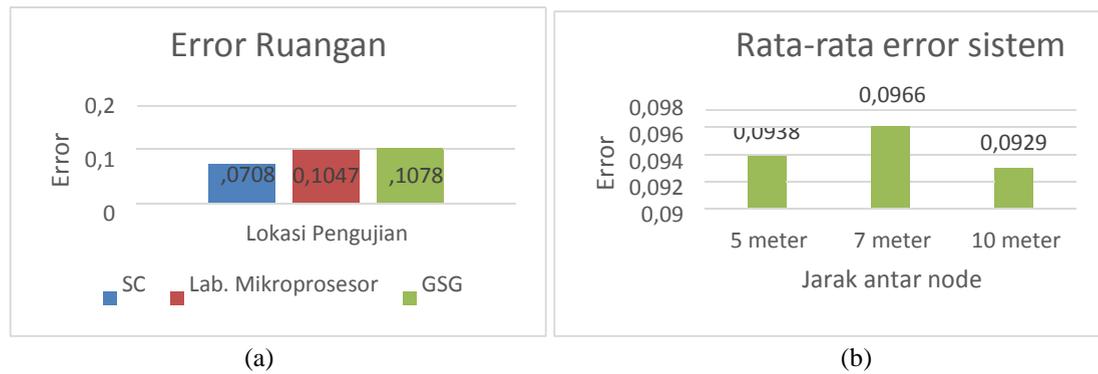


Gambar 3 (a) lokalisasi GSG (b) lokalisasi SC (c) lokalisasi Lab Mikro

Tabel 2 Rincian lokasi pengujian

No	Lokasi	Tinggi	Material dinding	Obstacle (halangan)
1	Student Center	17 meter	Batu bata	langit-langit bangunan, langit-langit lantai 2
2	Gedung Serba Guna	23 meter	Batu bata	Pilar , langit-langit lantai 2
3	Lab. Mikroprosesor	3,5 meter	Batu bata dan gypsum	Dinding gypsum, meja, kursi, lemari

Tabel 2 diatas menjelaskan spesifikasi lokasi pengujian dan menjelaskan apa-apa saja yang dapat mempengaruhi komunikasi sinyal pada proses lokalisasi. *Obstacle-obstacle* yang ada dapat menyebabkan terjadinya refleksi, rekraksi, difraksi atau hamburan pada proses pentransmisiian sinyal. Tinggi dari lokasi pengujian juga akan menyebabkan pantulan pada sinyal sehingga tidak secara langsung dapat diterima oleh *receiver*.



Gambar 4 (a) *error* lokalisasi terhadap ruang (b) *error* sistem

Kesalahan atau *error* yaitu selisih koordinat lokalisasi berbanding lurus dengan penambahan jarak antar *node* sensor sekaligus luas wilayah pengujian. Hal itu terjadi karena nilai RSSI akan lebih jelek kualitasnya diakibatkan karena semakin banyaknya halangan (*obstacle*) dan pantulan yang menyebabkan interferensi pada propagasi sinyal seiring dengan bertambahnya jarak antara *transmitter* dengan *receiver*. Nilai selisih atau *error* koordinat antara acuan dengan hasil sistem paling besar yaitu 1,3144 meter pada jarak 10 meter. Kesalahan atau *error* sistem paling besar didapatkan pada luas wilayah pengujian 49 m² atau dengan kata lain jarak antar *node* sebesar 7 meter dengan rata-rata yaitu 0,966.

Dari gambar 5a dapat diketahui kesalahan atau *error* lokalisasi terhadap ruangan paling kecil yaitu 0,0708 dan bertempat di Student Center karena *obstacle* yang ada di ruangan tersebut lebih sedikit dari ruangan yang lain sehingga tidak terlalu mempengaruhi nilai RSSI. Sedangkan nilai *error* lokalisasi yang terbesar didapatkan pada pengujian di Gedung Serba Guna Tel-U yaitu 0,1078 karena banyak terjadi pantulan sinyal pada proses propagasi sehingga menimbulkan *multipath fading* yang sifatnya merusak.

C. Konsumsi Daya

Penggunaan sensor sebagai alat bantu lokalisasi tentu akan memperhatikan konsumsi daya pada sensor tersebut. Dalam hal ini energi yang akan dihitung adalah daya yang dipakai untuk mengirimkan hasil sensing pada sensor yang dikirimkan ke *node* koordinator yang nantinya akan dikonveris ke satuan jarak. Pengujian ini dilakukan dengan skema 1 *node* sensor aktif dan 1 *node* koordinator dengan jarak pengujian antar keduanya yaitu 5 meter .

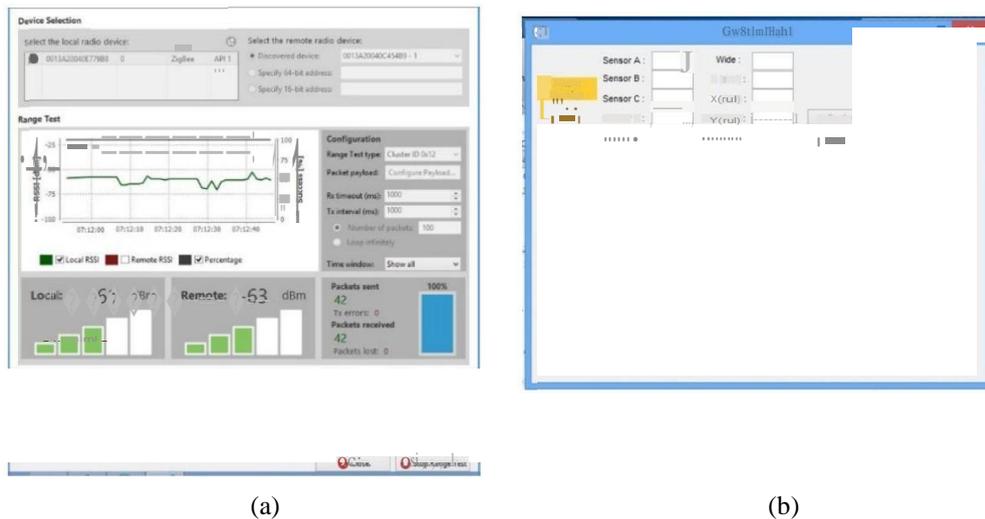
Tabel 3 Konsumsi daya

No	Lokasi	Konsumsi energi (mwatt/jam)
1	GSG	41,897
2	Student Center	39,774
3	LAB. Mikro	42,654
	Rata-rata	41,442

Dari hasil tabel 3 diatas , konsumsi energi paling tinggi didapat dari pengujian di Lab. Mikroprosesor yaitu 42,654 mwatt/jam. Skema pengujian memang dilakukan dengan jarak yang sama namun dengan kondisi ruangan yang berbeda , pada pengujian nomor 3 terdapat lebih banyak *obstacle* yang menghalangi sinyal agar dapat diterima disisi pengirim dan interferensi dari luar yang tidak diinginkan sehingga membuat daya yang dibutuhkan lebih besar dari pada yang lain.

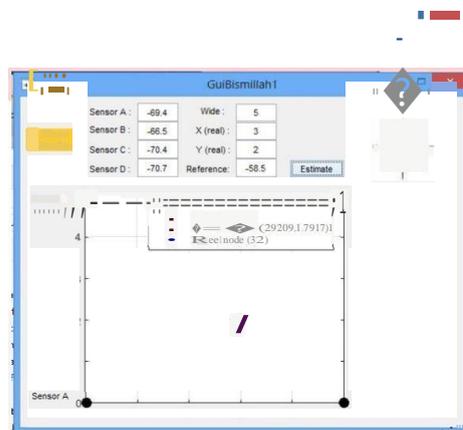
D. Pengujian GUI

GUI dalam sistem ini berfungsi untuk menampilkan hasil lokalisasi berupa koordinat *receiver*. Dengan memasukkan nilai nilai RSSI yang telah diketahui dari software XCTU dan memasukkan koordinat acuan sebagai pembandingan, sistem akan melakukan perhitungan posisi dimana *receiver* berada.



Gambar 5 (a) hasil RSSI pada XCTU (b) Tampilan GUI awal

Nilai RSSI *receiver* dari masing-masing *transmitter* dapat kita ketahui secara bergantian dan selanjutnya di masukkan pada GUI untuk di dilakukan kalkulasi posisi.



Gambar 6 Hasil GUI Lokalisasi

V. Kesimpulan

Nilai *Receive Signal Strength Indicator* (RSSI) sangat bergantung dari proses sinyal dipropagasikan. Terjadinya refleksi, refraksi, difraksi dan hamburan akan mempengaruhi kualitas RSSI yang diperoleh. Sistem yang dirancang membuktikan bahwa perbedaan kondisi wilayah atau ruangan mempengaruhi hasil lokalisasi dikarenakan perbedaan *obstacle* serta *multipath fading* yang diakibatkan refleksi dari pentransmision sinyal yang akan mempengaruhi propagasi sinyal dari RX ke TX. Nilai *error* rata-rata ruangan terbesar adalah 0,1078 saat pengujian di Gedung Serba Guna. Pertambahan jarak dalam penempatan *node* sensor berbanding lurus dengan selisih beda koordinat antara hasil sistem dengan kondisi *real* lokalisasi. Nilai rata-rata selisih atau beda jarak paling besar yang didapat sebesar 1,3144 meter pada wilayah pengujian 100 m². Sedangkan hasil rata-rata *error* sistem sebesar 0,966 pada jarak antar *node* sensor 7 meter.

Daftar Pustaka :

- [1] Kazem Sohraby, Daniel Minoli, Taieb Znati. WIRELESS SENSOR NETWORKS Technology, Protocols, and Applications. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2007.
- [2] Stojmenovic, Ivan. HANDBOOK OF SENSOR NETWORKS ALGORITHMS AND ARCHITECTURES. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2005.
- [3] Yen, Li-Hsing. *Concepts and Terminology*. Chung Hua University. 2003.
- [4] Bardwell, Joe. *Converting Signal Strength Percentage to dBm Values*. WildPackets, Inc. 2002.
- [5] [http://arduino.cc/en/main/arduino BoardUno](http://arduino.cc/en/main/arduino%20BoardUno). Diakses pada tanggal 21 Januari 2016 pukul 14.00
- [6] <http://www.adafruit.com/datasheets/XBee%20ZB%20User%20Manual.pdf>. Diakses pada 4 Februari 2016 pukul 09.30
- [7] Aman Kansal, Sunan Nath, Jie Liu, and Feng Zao Microsoft Research. IEEE Multimedia. SenseWeb: An Infrastructure for Shared Sensing. 2007.

- [8] Yang,Z., Zhou,Z., and Liu,Y. From RSSI to CSI: Indoor Localizaion via Channel Response. ACM Comput. Surv. 2013
- [9] Wang, Y., and Meng, Z. *OpenGIS-Based Lightning Information System for Electric Power System*. Beijing University of Technology. 2010
- [10] Bardwell, J. *Converting Signal Strength Percentage to dBm Values*. 2002.
- [11] Binwei, D., Guangming, H., Lei, Z., & Hao, L. *Improved Centroid Localization Algorithm in WSNs*, 5. 2008.
- [12] Aranha, R. G., & Rocha, R. M. *Real-Time Relative Positioning with WSN*, 6. 2008.
- [13] Asmaa, L., Aroussi, H. K., & Abdelaziz, M. *Localization Algorithms Research in Wireless Sensor Network Based on Multilateration and Trilateration technique*, 5. 2014.
- [14] Navarro, E., Peuker, B., & Quan, M. *Wi-Fi Localization Using RSSI Fingerprinting*, 6.
- [15] Alrajeh, Nabil Ali., Bashir, Maryam., Shams, Bilal. *Localization Technique in Wireless Sensor Network*. 2013.
- [16] A. Youssef and M. Youssef, "Ataxonomy of localization schemesfor wireless sensor networks," in Proceedings of the International Conference on Wireless Networks (ICWN '07), pp. 444–450, Las Vegas, Nev, USA, 2007.
- [17] Kurniawam, Aditya. *Implementasi dan Analisa Jaringan Wireless Sensor Network Untuk Monitoring Suhu, Kelembaman dan Kadar CO₂ pada Ruangan*. Bandung: Telkom University. 2015.
- [18] Sohraby, K., Minoli, D., & Znati, T. *WIRELESS SENSOR NETWORK Technology, Protocols, and Application*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2007.
- [19] Yen, L.-H. *Concepts and Terminology*. Chung Hua University. 2003.
- [20] Yinbiao, Shu. *Internet of Thing: Wireless Sensor Network*. IEC White Paper.
- [21] Sohraby, Kazem. Minoli, Daniel. Znati,Taieb. *Wireless Sensor Network, Technology, protocols and Applications*. Wiley Interscience. 2007.
- [22] Naseer, Salman. Chaudhry, S R. *LR-WPAN Formation Topologies Using IEEE 802.15.4*. IJCSI. 2011.
- [23] Putra, Heri Yuliansyah, *Analisis Quality of Service (QOS) Jaringan LAN Pada Lembaga Badan Pusat Statistik Di Sumatera Selatan*. Tugas Akhir. Palembang: Universitas Bina Darma. 2013.
- [24] Patwari,Neal. *Locating the Nodes*. IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE. 2005.
- [25] FT232 USB UART IC. Datasheet. Version 2.13. Future Technology Devices International Limited. 2015
- [26] http://www.atmel.com/Images/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_datasheet.pdf. Diakses pada tanggal 15 Agustus 2016 pukul 16.00
- [27] Zhao, Lin-zhe, Xian-bin Wen, Dan Li. *Amorphous Localization Algorithm Based on BP Artificial Neural Network*. China: Hindawi Publishing Corporation International Journal of Distributed Sensor Networks. 2015.
- [28] Balanis, Constantine A. *Antenna Theory Analysis And Design Third Edition*. JWS. New Jersey. (2005).