

Perbandingan Metode *Bluetooth Low Energy* Dan *Zigbee* Untuk Penerapan Lokasi Dalam Ruangan

(*Comparison Bluetooth Low Energy And Zigbee Methods For Implementation Of Indoor Localization*)

1st Akhlishiah Karima
Suhandi

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
alisakarimah@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Sussi

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
sussiss@telkomuniversity.ac.id

3rd Favian Dewanta

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
favian@telkomuniversity.ac.id

Abstrak —Alat bantu jalan yang berupa tongkat merupakan salah satu fasilitas yang ditujukan untuk membantu seseorang seperti tunanetra, lansia ataupun orang tua yang membutuhkan alat ini. Namun, tongkat pada saat ini masih memiliki keterbatasan tidak dapat memberi informasi lokasi pengguna khususnya dalam ruangan masih memiliki keterbatasan. Saat ini pencarian rute semakin dipermudah dengan hadirnya teknologi Global Positioning System (GPS) yang dapat digunakan dengan menggunakan aplikasi Maps di smartphone. Namun tingkat akurasi GPS akan menurun jika pengguna berada di dalam gedung atau di ruangan tertutup. Hal ini disebabkan sinyal satelit yang dikirim tidak mampu menembus tembok tebal atau beton sehingga pencarian rute menggunakan GPS hanya sebatas pencarian rute di luar gedung. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dirancang sebuah tongkat yang dapat memberikan informasi posisi pengguna di dalam ruangan menggunakan teknologi Bluetooth Low Energy (BLE) dan Zigbee. Pada penelitian ini digunakan BLE dan Zigbee menggunakan Algoritma Trilateration untuk menentukan lokasi pada suatu ruangan. Dari pengujian kedua teknologi tersebut didapat bahwa BLE memiliki nilai rata-rata jarak lokasi sebenarnya dengan lokasi estimasi pada kasus 1 yaitu 2,1519 meter dan kasus 2 yaitu 3,4916 meter. Sedangkan Zigbee memiliki nilai rata-rata jarak lokasi sebenarnya dengan lokasi estimasi pada kasus 1 yaitu 2,8299 meter dan kasus 2 yaitu 3,9061 meter.

Kata kunci — *Tongkat, Indoor Localization, IoT, Bluetooth Low Energy, Zigbee, RSSI, Trilateration*

Abstract —A walking aid in the form of a cane is one of the facilities intended to help someone such as the blind, the elderly or the elderly who need this tool. However, the stick at this time still has limitations, it can't provide information on the user's location, especially indoors, it still has limitations. Currently finding routes is made easier with the presence of Global Positioning System (GPS) technology that can be used using the Maps application on smartphones. However, the level of GPS accuracy will decrease if the user is in a building or in a closed room. This is because the satellite signal sent is not able to penetrate thick walls or concrete so that the route search using GPS is only limited to finding routes outside the building. To overcome this problem, a stick is designed that can provide information on the user's position in the room using Bluetooth Low Energy (BLE) and Zigbee technology. In this study, BLE and Zigbee used the Trilateration Algorithm to determine the location in a room. From the testing of the two technologies, it was found that BLE has an average value of the actual location distance with the estimated location in case 1, which is 2.1519 meters and in case 2, which is 3.4916 meters. While Zigbee has an average value of the actual location distance with the estimated location in case 1 which is 2,8299 meters and case 2 is 3,9061 meters.

Keywords— *Stick, Indoor Localization, IoT, Bluetooth Low Energy, Zigbee, RSSI, Trilateration*

I. PENDAHULUAN

Bagi manusia yang dianugerahi fisik sempurna, sepatutnya bersyukur bisa menikmati indahnya dunia. Berbeda dengan seseorang yang berkebutuhan khusus atau mengalami proses dimana kemampuan fisik dan kognitifnya menurun. Menurunnya fungsi tubuh atau dilahirkan secara tidak sempurna semakin melemahkan kondisi seperti lansia, tunanetra, atau orang tua tidak dapat melakukan aktivitasnya dengan bebas dan tidak dapat melakukannya secara mandiri, sehingga membutuhkan berbagai alat bantu untuk memperlancar pergerakannya. Untuk membantu keterbatasan mobilitas orang-orang yang kemampuan fisik dan kognitifnya tidak senormal orang biasanya dan ingin melakukan aktivitasnya sendiri tanpa merepotkan dan mengkhawatirkan keluarga atau kerabat terdekat yaitu biasanya tongkat.

Dengan meningkatnya teknologi terkhusus di bidang telekomunikasi serta teknologi informasi, *Global Positioning System* (GPS) jadi teknologi yang sangat bermanfaat untuk kehidupan dalam mencari lokasi sebuah objek. Teknologi GPS sekarang ini sudah sangat canggih untuk permasalahan di luar ruangan, tetapi belum canggih untuk permasalahan pada ruangan dan akurasi yang belum cukup memadai saat pengguna berada di dalam ruangan [1]. Maka dari itu diperlukan sistem penentuan posisi yang berbeda dan lebih akurat untuk dipakai sebagai navigasi pada suatu tempat. Teknologi ini dikenal memakai konsep *Indoor Localization* yang tidak menggunakan teknologi GPS.

Dengan adanya permasalahan teknologi yang sedang berkembang, penelitian ini memfokuskan pembahasan tentang membuat alat bantu tongkat menggunakan teknologi *Indoor Localization* dengan membandingkan akurasi estimasi posisi pada lokasi menggunakan nilai RSSI dan algoritma *Trilateration* pada protokol *Bluetooth Low Energy* dan *Zigbee*.

II. KAJIAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Tongkat

Tongkat adalah alat bantu jalan untuk mengurangi beban yang diterima oleh bagian tubuh yang bermasalah pada anggota gerak bawah yang lemah atau nyeri. Penggunaan tongkat juga dapat membantu seperti seseorang yang memiliki gangguan penglihatan, kemampuan fisik dan kognitif

yang melemah seperti lansia ataupun orang tua yang membutuhkan alat ini. Selain itu, tongkat dapat membantu keterbatasan mobilitas pengguna agar dapat melakukan aktivitasnya secara mandiri tanpa merepotkan keluarga atau kerabat terdekatnya [2].

2. *Indoor Localization*

Di era teknologi digital, sistem navigasi dalam ruangan berkembang dengan pesat berdasarkan metode penentuan posisi dan lokasi. *Indoor Localization* adalah teknologi yang digunakan dengan cara yang sama dengan teknologi GPS. Teknologi GPS adalah sistem penentuan posisi yang stabil [3] berdasarkan sinyal satelit yang dilaporkan ke koordinat saat ini. Teknologi GPS merupakan pilihan yang tepat dalam kasus di luar ruangan, tetapi kemampuannya akan menghilang jika diimplementasikan dalam ruangan. GPS menghasilkan sinyal yang lemah atau tidak sama sekali di dalam ruangan, sehingga menyebabkan informasi yang salah jika GPS masih digunakan untuk kasus di dalam ruangan.

Maka dari itulah teknologi seperti Bluetooth, Zigbee, dan WiFi dapat digunakan untuk penentuan posisi di dalam ruangan atau biasa disebut *Indoor Localization*. *Indoor Localization* adalah teknologi yang tepat untuk menemukan sesuatu objek di dalam ruangan.

3. *Internet of Things* (IoT)

Dengan seiring berkembangnya teknologi penggunaan komputer mampu mendominasi pekerjaan manusia dan mengalahkan tenaga manusia seperti mengontrol elektronik dari jarak jauh menggunakan media internet. *Internet of Things* (IoT) menjadi sebuah bidang penelitian semenjak pengembangan teknologi internet dan media komunikasi lainnya yang memungkinkan orang mudah dalam berinteraksi dengan semua perangkat yang terhubung dengan internet [4].

4. *Bluetooth Low Energy*

Bluetooth Low Energy atau yang biasa disebut BLE yaitu teknologi terbaru dari bluetooth yang mengoptimalkan kinerja dalam hal penggunaan daya perangkat berbasis bluetooth secara efektif dan stabilitas dalam melakukan transfer data sehingga mengurangi konsumsi daya dan biaya perangkat. BLE bekerja pada frekuensi 2.4 GHz dengan kecepatan transmisi 1 Mbit/s menggunakan modulasi *Gaussian Frequency Shift Keying* (GFSK [5]).

5. Mikrokontroler ESP32
ESP32 yaitu mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* ialah penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini telah ada materi WiFi serta bluetooth dalam chip alhasil amat mensupport buat membuat sistem aplikasi Internet of Things [6].
6. *iTag Bluetooth*
Saat ini, sebagian besar perangkat memiliki teknologi BLE dan berkat berkembangnya IoT, Bluetooth mengeluarkan teknologi yang bernama *iTag*. *iTag Bluetooth* adalah teknologi berbiaya rendah, berdaya rendah dan berbasis lokasi serta membantu perangkat untuk bekerja selama beberapa tahun [7].
7. MQTT
Message Queue Telemetry Transport (MQTT) adalah protokol yang banyak digunakan untuk berbagi data yang dipertukarkan antara perangkat IoT dan dirancang untuk khusus untuk komunikasi “mesin ke mesin” [8]. Protokol MQTT berjalan di atas TCP / IP serta mempunyai dimensi paket informasi dengan overhead minimal yang kecil(2byte) alhasil mengkonsumsi alokasi energi pula lumayan kecil.
8. Arduino IDE
Arduino IDE adalah perangkat lunak sumber terbuka, dirancang oleh Arduino.cc dan terutama digunakan untuk menulis, menyusun dan mengunggah kode ke hampir semua Modul Arduino. Arduino menyediakan struktur kode sederhana yang disebut *sketch*, ditulis dalam bahasa C dan hanya terdiri dari dua fungsi, *setup* dan *loop*. Fungsi *setup* hanya berjalan sekali di awal ketika sistem mulai, sedangkan fungsi *loop* dijalankan berulang kali saat sistem hidup. Pengguna dapat menulis fungsi sebanyak yang diperlukan untuk perangkat lunak tertanam mereka tetapi harus memanggil fungsi-fungsi tersebut di dalam fungsi pengaturan atau loop [9].
9. Arduino UNO R3
Arduino UNO R3 adalah sebuah papan pengembangan mikrokontroler yang menggunakan chip ATmega328P. Dengan adanya papan pengembangan Arduino UNO R3 ini berfungsi sebagai tempat pembuatan prototipe rangkaian mikrokontroler. Papan pengembangan membuat lebih mudah untuk merakit elektronik mikrokontroler dibanding harus memulai merakit ATmega328 dari awal. Arduino uno memiliki 14 pin input atau output yang dapat menggunakan pin 6 sebagai output PWM, 6 analog input, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, soket daya utama, kepala ICSP, tombol reset [10].
10. Zigbee IEEE 802.15.4
ZigBee adalah spesifikasi komunikasi tingkat tinggi yang terkait dengan standar IEEE 802.15.4 dan berhubungan dengan *Wireless Personal Area Networks* (WPAN). Teknologi Zigbee sendiri ditujukan untuk menggunakan transfer informasi nirkabel yang menginginkan transmisi informasi kecil dan mengkonsumsi energi kecil, serta keduanya tidak lebih mahal dibanding dengan WPANs lain semacam *Bluetooth*[11].
11. Xbee Pro S2C
Xbee Pro S2c yang dirancang sesuai dengan standar IEEE 802.15.4 yang membutuhkan daya yang kecil untuk untuk *Wireless Sensor Network*. Modul ini beroperasi pada ISM frekuensi 2.4 GHz menggunakan pin yang kompatibel dengan modul lain (Xbee lain) [12].
12. Xbee Shield
Xbee shield merupakan board yang bisa mengaitkan board arduino berkomunikasi secara nirkabel atau wireless menggunakan modul Xbee. Xbee Pro shield menyederhanakan tugas antarmuka modul Xbee ke Arduino Uno karena dapat berkomunikasi dengan computer untuk memprogram modul Xbee menggunakan perangkat lunak XCTU [12].
13. X-CTU
X-CTU adalah perangkat lunak yang disediakan oleh Digi (produsen Xbee) untuk mengkonfigurasi dan mengelola Xbee agar dapat berkomunikasi dengan Xbee lainnya. Parameter yang akan diatur adalah PAN ID (Personal Area Network). PAN ID adalah parameter yang mengatur radio mana saja yang dapat berkomunikasi sehingga PAN ID harus sama dalam satu jaringan. Dalam sistem ini, xbee bersifat komunikasi *point to point* dan *point to multipoint (broadcast)* tetapi dalam sistem ini komunikasi Xbee secara satu arah, sehingga satu Xbee bertindak sebagai coordinator untuk mengirim data dan satunya sebagai *router* hanya menerima data [12].
14. *Liquid Crystal Display* (LCD)
Liquid Crystal Display (LCD) yaitu tipe tampilan elektronik yang dipakai dengan teknologi CMOS logic bertugas dengan tidak menciptakan sinar, namun membalikkan sinar yang terdapat di sekelilingnya. Selain itu, LCD dapat berguna untuk penampil data

baik dalam sifat, huruf, nilai atau diagram. Dalam materi LCD ada microcontroller yang berperan selaku pengatur bentuk sifat LCD [13].

15. Modul I2C (*Inter Integrated Circuit*)

Untuk menyambungkan LCD dengan board arduino uno memerlukan 6 pin digital untuk mengendalikan sebuah modul LCD. Modul I2C yang digunakan pada tugas akhir ini adalah I2C LCD 1602 2004 LCD 16x2. Dengan menggunakan modul I2C ini dapat mengurangi penggunaan pin pada board arduino yang hanya menggunakan 2 pin analog A5 dan A6 yang dihubungkan dengan SDA dan SCL untuk menghubungkan LCD dengan board arduino uno [14].

16. *Receive Signal Strength Indicator* dan Jarak

Receive Signal Strength Indicator (RSSI) adalah teknologi yang digunakan untuk menentukan lokasi dan jarak suatu perangkat dimana pesan dapat dibuat, diterima, atau dikirim untuk menghitung lokasi node

melalui proses perambatan gelombang radio dari pengirim ke penerima frekuensi radio. Nilai pengukuran RSSI biasanya digunakan untuk teknologi *Indoor Localization*. Dengan menggunakan nilai RSSI, dapat diperoleh jarak antara pengirim dan penerima [15].

17. Algoritma *Trilateration*

Trilateration merupakan suatu tata cara ataupun algoritma untuk memastikan posisi sesuatu subjek bersumber pada pengukuran jarak yang setidaknya membutuhkan 3 pemancar yang terdapat di dekat lokasi. Semacam pada trigonometri, jika seandainya sesuatu subjek dicermati serta bergerak, koordinat subjek itu bisa dihitung meski subjek itu bergerak dengan cara random. Posisi suatu objek bisa ditentukan, misalnya dengan menggunakan koordinat (x,y) bisa dideteksi dengan mengukur jarak objek dari 3 *access point* tersebut. Prinsip dasar dari *Trilateration* yaitu [16]:

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 = d_i^2 \quad (i = 1,2,3) \quad (2.3)$$

dengan nilai:

- d_i merupakan jarak yang terukur oleh titik ke-I pada posisi x_i, y_i , sampai objek pada posisi x, y .
- x dan y merupakan koordinat letak suatu objek
- x_i dan y_i merupakan koordinat letak *access point*.

18. Perhitungan Akurasi

Pada proses perancangan sistem navigasi dalam ruangan, akurasi perhitungan diperlukan karena proses ini untuk mengetahui pendekatan hasil analisa dengan nilai sesungguhnya yang mewakili kecocokan data dan berhubungan dengan kesalahan bias atau sistematis. Untuk menghitungnya dengan mengulang pada sebuah titik untuk mendapatkan nilai yang terbaik [17].

Perhitungan akurasi :

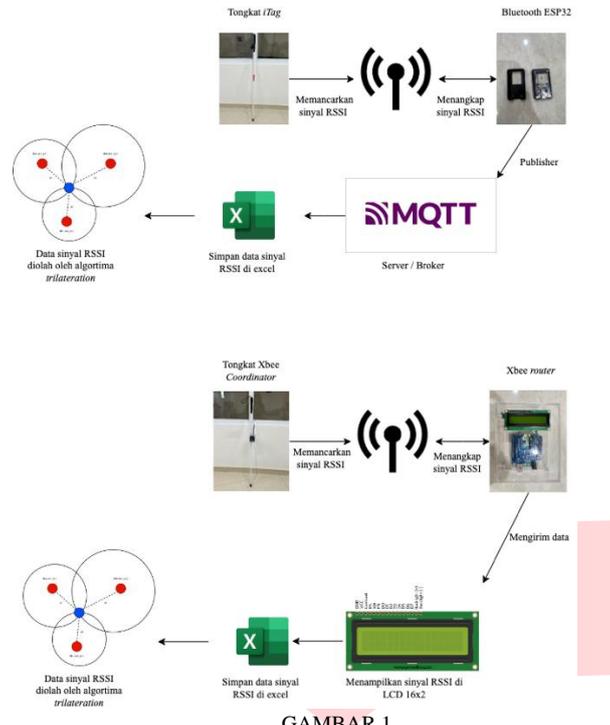
$$\text{Akurasi} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2}}{n}$$

(x,y) : lokasi objek sebenarnya

(x',y') : lokasi objek estimasi

n : banyaknya data yang diuji

B. Desain Sistem



GAMBAR 1
DESAIN SISTEM

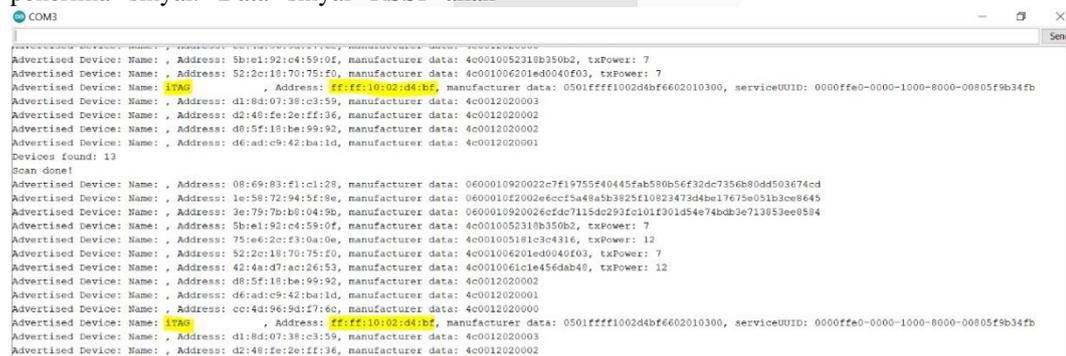
Penelitian ini merancang alat bantu tongkat menggunakan teknologi *Bluetooth Low Energy* dan *Zigbee* dalam sistem *Indoor Localization*. Tongkat *Indoor Localization* pada teknologi BLE menggunakan konsep IoT karena akan mengirim data sinyal RSSI ke Server MQTT menggunakan internet dan ditampilkan di *MQTT Explorer*. Kemudian, Tongkat *Indoor Localization* pada teknologi Zigbee untuk mengirim sinyal RSSI menggunakan *Xbee coordinator* sebagai pengirim sinyal dan *Xbee router* sebagai penerima sinyal. Data sinyal RSSI akan

disimpan di *Microsoft Excel* dan diolah oleh algoritma *trilateration* untuk mendapatkan estimasi posisi pengguna tongkat. Pada penelitian ini untuk mengetahui perbandingan performansi kinerja BLE dan Zigbee saat lokasi pengguna tongkat di dalam ruangan menggunakan algoritma *trilateration*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Perangkat Keras

1. Hasil Pengujian ESP32 BLE dengan *iTag*



GAMBAR 2
PENGUJIAN ESP32 BLE DENGAN *iTAG*

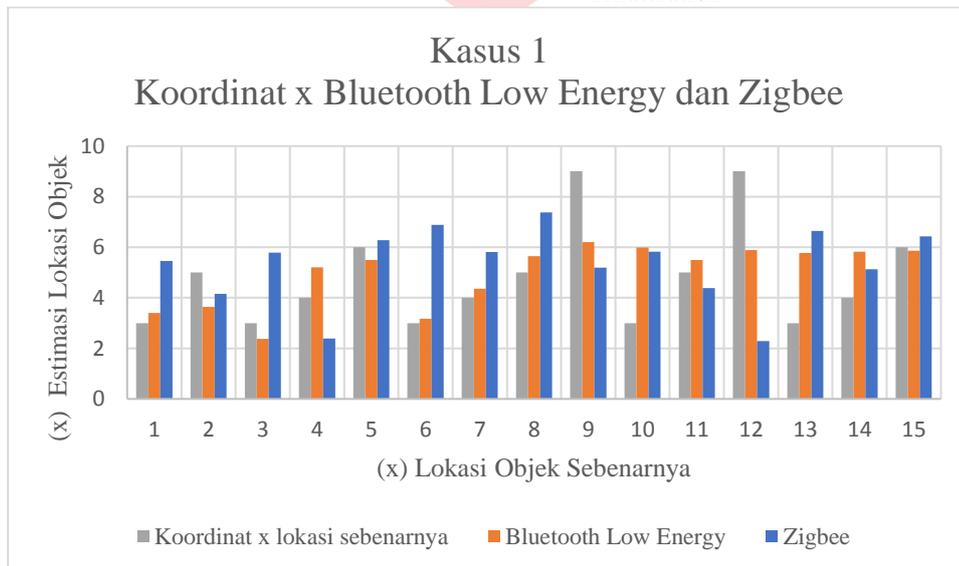
Pengujian pada ESP32 BLE ini dapat dilakukan dengan menghubungkan mikrokontroller ESP32 dengan kode program yang akan di upload ke Arduino. Seperti pada gambar 2 pengujian ini

dilakukan memprogram ESP32 menjadi BLE receiver dan dapat membaca *mac address iTag* yang akan digunakan untuk penelitian.

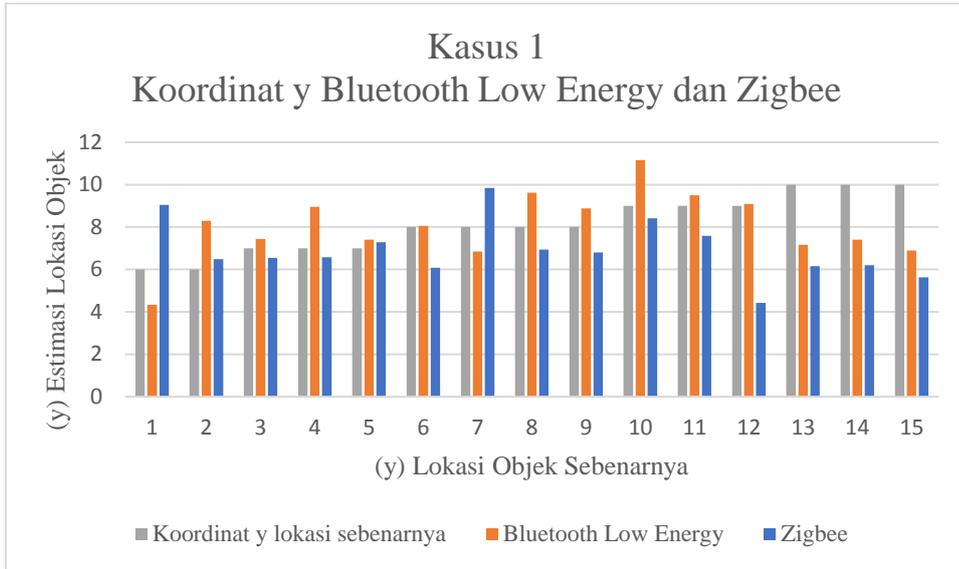


Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD) dan Xbee dengan cara menghubungkan LCD pada Xbee dan hubungkan pada pin Arduino. Setelah selesai menghubungkan, membuat kode program untuk di upload ke Arduino. Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa LCD sudah menampilkan karakter. Hal ini menunjukkan bahwa LCD dapat berfungsi dengan baik. Pengujian dilanjutkan dengan membuat kode program untuk menampilkan Sinyal RSSI, sehingga LCD dapat menampilkan hasil sinyal RSSI.

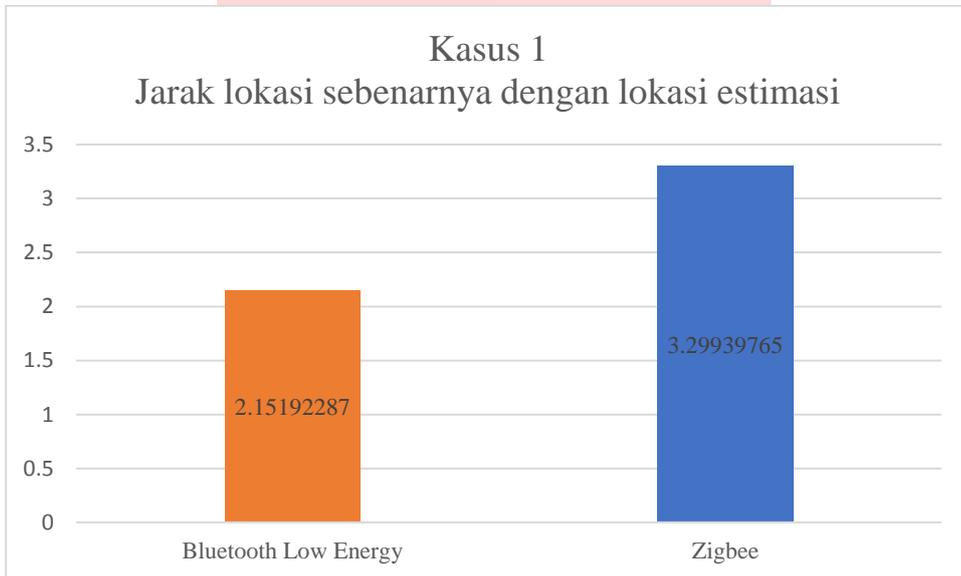
3. Hasil Perhitungan Algoritma Trilateration



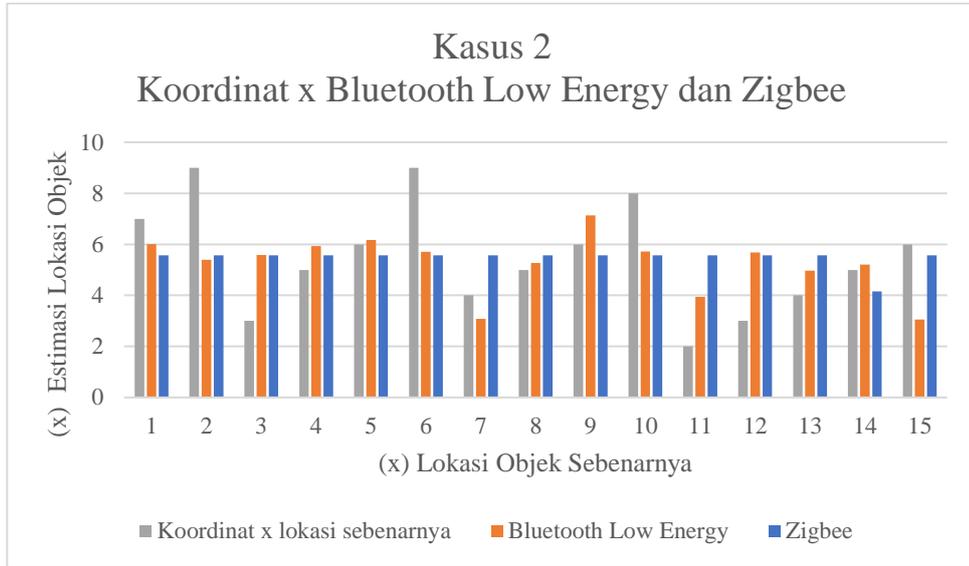
GAMBAR 5
PERBANDINGAN KASUS 1 BLE DAN ZIGBEE PADA KOORDINAT X



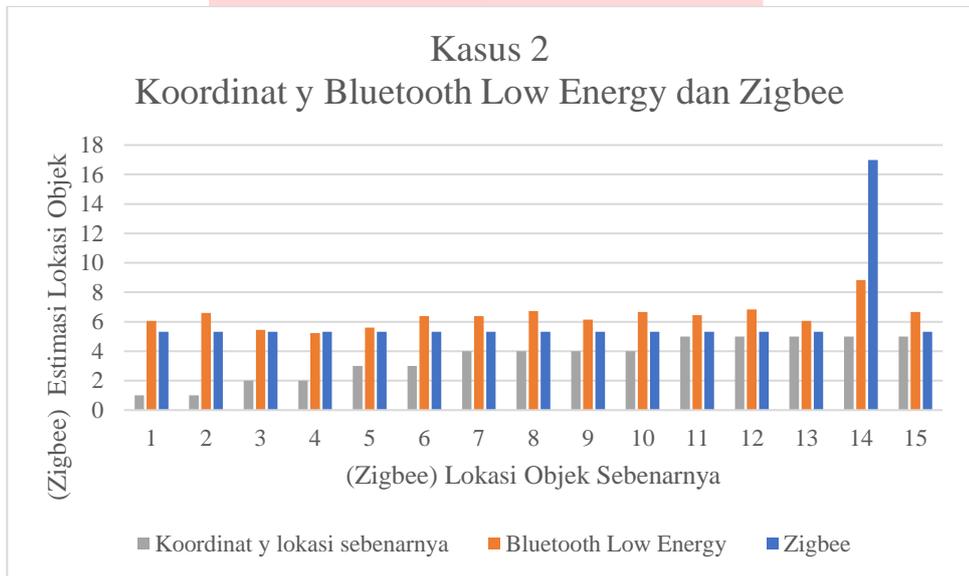
GAMBAR 6
PERBANDINGAN KASUS 1 BLE DAN ZIGBEE PADA KOORDINAT Y



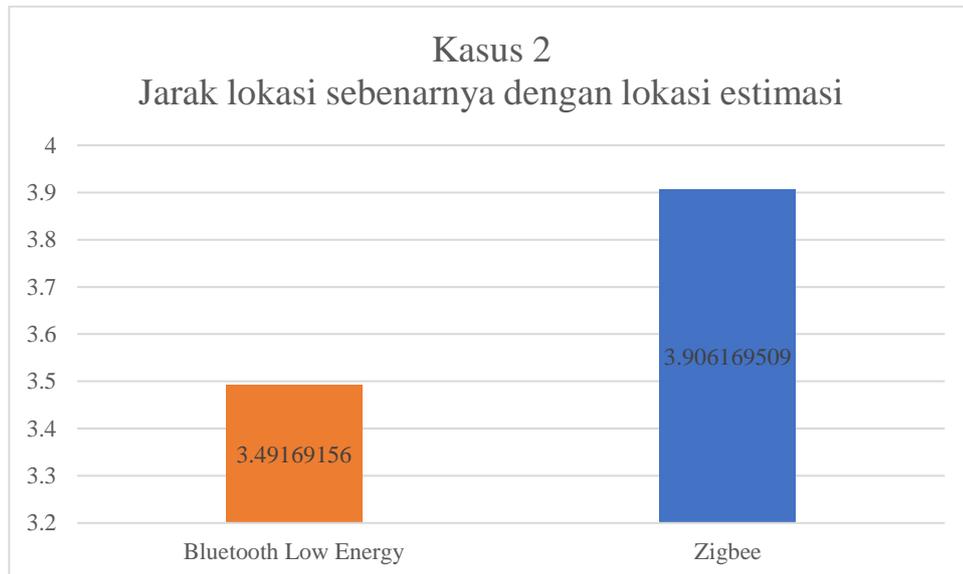
GAMBAR 7
PERBANDINGAN KASUS 1 JARAK LOKASI SEBENARNYA DENGAN LOKASI ESTIMASI



GAMBAR 8
PERBANDINGAN KASUS 2 BLE DAN ZIGBEE PADA KOORDINAT X



GAMBAR 9
PERBANDINGAN KASUS 2 BLE DAN ZIGBEE PADA KOORDINAT Y



GAMBAR 10
PERBANDINGAN KASUS 2 JARAK LOKASI SEBENARNYA DENGAN LOKASI ESTIMASI

Pada pengujian algoritma trilateration pada skenario kasus 1 dan kasus 2 mendapatkan akurasi yang lebih bagus terdapat pada teknologi BLE dengan hasil akurasi jarak lokasi sebenarnya dengan lokasi estimasi pada kasus 1 2,15192287 meter dan kasus 2 3,49169156 meter dikarenakan kecepatan data BLE lebih tinggi dari Zigbee. Kecepatan data BLE bisa sampai 2Mbps sedangkan Zigbee hanya sampai 250Kbps dan perbedaan jarak lokasi sebenarnya dengan lokasi estimasi antara BLE dan Zigbee dikarenakan adanya kondisi sinyal RSSI tidak langsung terpancar menuju BLE ESP32 dan xbee router sebagai penerima sinyal BLE dan Zigbee. Hal ini memiliki kesamaan dengan penelitian sebelumnya adanya perabotan elektronik, dinding ruangan dan manusia yang berada di dalam ruangan dapat menurunkan akurasi sehingga mempengaruhi perbedaan koordinat lokasi pengguna tingkat. Saat ini, BLE juga didukung oleh banyak sistem operasi, termasuk Android, iOS, Windows 8/10 dan OS X. Sedangkan Zigbee banyak sistem operasi yang tidak dapat mendukungnya dan Zigbee bukanlah pilihan terbaik untuk aplikasi IoT industri dikarenakan menghabiskan lebih banyak daya daripada BLE, antenna radio dan mikrokontroler Zigbee harga yang cukup mahal agar penggunaannya berfungsi.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian ini yaitu :

1. Perancangan sistem Indoor Localization menggunakan teknologi Bluetooth Low Energy dan Zigbee menggunakan algoritma trilateration secara keseluruhan berjalan dengan baik sehingga mendapatkan hasil estimasi posisi pengguna tingkat.
2. Kondisi seluruh isi ruangan di dalam Laboratorium MBC dapat dijangkau oleh sinyal BLE cukup baik dibandingkan dengan sinyal Zigbee.
3. Perbandingan BLE dan Zigbee untuk digunakan dalam sistem lokasi di dalam ruangan, Algoritma trilateration bisa membaca dengan cukup baik pengguna tingkat pada Laboratorium MBC serta mempunyai tingkat akurasi yang bervariasi dengan rata-rata akurasi jarak lokasi sebenarnya dengan lokasi estimasi di kasus 1 2,15192287 meter dan kasus 2 3,49169156 meter, Sedangkan pada Zigbee mendapatkan rata-rata akurasi jarak lokasi sebenarnya dengan estimasi lokasi kurang baik untuk membaca pengguna tingkat di dalam Laboratorium MBC di kasus 1 dengan nilai 2,829922591 meter dan di kasus 2 3,906169509 meter. Hasil menunjukkan bahwa untuk lokasi dalam ruangan sistem BLE adalah yang paling menjanjikan. Tidak hanya memiliki

akurasi yang paling bagus, tetapi karena tersedia secara luas dapat dengan mudah diimplementasikan dengan biaya yang terjangkau.

4. Pada pengujian algoritma Trilateration, BLE memiliki hasil akurasi lebih bagus daripada Zigbee, karena kecepatan data BLE lebih tinggi dari Zigbee. Kecepatan data BLE bisa sampai 2Mbps sedangkan Zigbee hanya sampai 250Kbps dan perbedaan jarak lokasi sebenarnya dengan lokasi estimasi antara BLE dan Zigbee dikarenakan adanya kondisi sinyal RSSI tidak langsung terpancar menuju BLE ESP32 dan xbee router sebagai penerima sinyal BLE dan Zigbee.

A. Saran

Saran yang bisa diambil dari penelitian ini yaitu :

1. Peneliti selanjutnya disarankan untuk meningkatkan performa alat dan performa replikasi supaya cara navigasi berjalan lebih cermat. Misalnya memakai alat BLE yang lebih bagus dibanding ESP32 yaitu seperti *cubeacon*.
2. Senantiasa mencocokkan lagi bagian perlengkapan yang hendak dioperasikan dengan tujuan buat mengurangi nilai *error* pada saat pengukuran.
3. Sebelum dimulai penelitian memilih lokasi yang berbentuk kotak tidak ada lengkungan dan memilih paling sedikit yang terdapat halangan seperti menghindari peralatan elektronik dan hal lainnya karena hal tersebut mempengaruhi kinerja sinyal alat.

REFERENSI

- [1] E. Essa, B. A. Abdullah and A. Wahba, "Improve Performance of Indoor Positioning System using BLE," *IEEE International Conference*, 2013.
- [2] Z. Faruk, "Rancang Bangun Alat Bantu Jalan tunanetra Dengan Tingkat Cerdas Berbasis Arduino," *Skripsi*, vol. I, p. 6, 2018.
- [3] W. Yan, L. Wang, Y. Jin and G. Shi, "High Accuracy Navigation System using GPS and INS system integration strategy," *IEEE International Conference*, pp. 727-728, 2014.
- [4] Y. Yudhanto and A. Azis, *Pengantar Teknologi Internet of Things*, Surakarta: UNS Press, 2019.
- [5] C. M and P. G, "'A solution based on bluetooth low energy for smart home energy management," *Energies*, vol. 8, no. 10, pp. 11916-11938, 2015.
- [6] F. Yusuf, *Kotak Penerima Paket Berbasis IoT menggunakan Modul ESP32-CAM*, Jakarta, 2020.
- [7] S. Griffiths, "Exploring Bluetooth Beacon Use Cases in Teaching and Learning: Increasing the Sustainability of Physical Learning Spaces," *sustainability*, 2019.
- [8] D. S. UGALDE, "Chapter 2 Background MQTT," in *Security analysis for MQTT in Internet of Things*, School of Electrical Engineering and Computer Science, 2018, p. 6.
- [9] D. K. Halim, T. C. Ming, N. M. Song and D. Hartono, "Arduino-based IDE for Embedded Multi-processor System-on-Chip," *IEEE 5th International Conference on New Media Studies*, p. 135, 2019.
- [10] H. K. E. I. n. Y. I. U. Jati Widyo Leksono, *Modul Belajar Arduino Uno*, Jombang: Universitas Hasyim Asy'Ari, 2019.
- [11] M. A. Amanaf, "Skema Penentuan Posisi Lingkungan Indoor untuk Aplikasi Monitoring Lokasi Dosen Berbasis Multilaterasi," 2019.
- [12] R. E. SATRIA, "SISTEM TELEMETRI AKUISISI DATA GREENHOUSE MENGGUNAKAN XBEE PRO S2B," *YOGYAKARTA, UNIVERSITAS SANATA DHARMA*, 2016, p. 10.
- [13] D. A. Saputra, S. M. Amarudin, S. M. Novia Utami and R. Setiawan, "RANCANGAN ALAT PEMBERI MAKAN IKAN BERBASIS MIKROKONTROLER," *Skripsi*, 2021.
- [14] M. Natsir, D. B. Rendra and A. D. Y. Anggara, "IMPLEMENTASI IOT UNTUK SISTEM KENDALI AC OTOMATIS PADA RUANG KELAS DI UNIVERSITAS SERANG RAYA," *Jurnal PROSISKO*, vol. 6, p. 72, 2019.
- [15] M. E. Rida, F. Liu, Y. Jadi, A. A. A. Algawhari and A. Askourih, "Indoor Location Position Based on Bluetooth Signal Strength," *2015 2nd*

International Conference on Information Science and Control Engineering, pp. 769-773, 2015.

- [16] N. Pakanon, M. Chamchoy and P. Supanakoon, "Study on Accuracy of Trilateration Method for Indoor Positioning with BLE Beacons," *IEEE Xplore*, 2020.
- [17] A. F. Reza, SIMULASI SISTEM INDOOR LOCALIZATION DI

LABORATORIUM
TELEKOMUNIKASI FTI UII
DENGAN ALGORITMA
TRILATERATION
MENGUNAKAN BLUETOOTH
LOW ENERGY, Yogyakarta:
Universitas Islam Indonesia, 2018.

