

ALAT PENENTU POSISI INDOOR MENGGUNAKAN BLUETOOTH SEBAGAI BEACON

INDOOR POSITIONING DEVICE USING BLUETOOTH AS BEACON

Imran Wijaya¹, Ir. Porman Pangaribuan, MT.², Junartha Halomoan, ST., MT.³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹imranwjya@gmail.com, ²porman@telkomuniversity.ac.id, ³junartha@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknologi untuk melacak posisi dewasa ini telah banyak digunakan. Teknologi GPS dapat digunakan untuk menentukan posisi seseorang, alamat ataupun sebagai penunjuk arah ke suatu tempat. Tetapi GPS memiliki kekurangan ketika digunakan di dalam ruangan, yaitu akurasi yang rendah dikarenakan sinyal terhalang oleh bangunan. Oleh karena itu, dibuat suatu sistem untuk menentukan posisi yang dapat digunakan di dalam ruangan. Tugas akhir ini bertujuan untuk membuat alat yang dapat menentukan posisi seseorang pada sebuah perangkat bergerak menggunakan kekuatan sinyal *bluetooth* dan untuk mempermudah pencarian seseorang.

Penelitian ini menggunakan *bluetooth low energy* agar konsumsi daya yang digunakan rendah. Menggunakan perangkat bergerak untuk mengestimasi posisi pencari dan posisi orang yang dicari dengan metode trilaterasi untuk menghitung jarak berdasarkan kekuatan sinyal yang diterima dan posisi koordinat pemancar. Pengujian sistem ini dilakukan di gedung Ararkula (gedung O) Universitas Telkom lantai satu.

Hasil pengujian sistem ini berupa sebuah alat yang sudah diuji secara eksperimental dan dapat mengestimasi posisi dengan rata-rata tingkat akurasi di atas 90 persen.

Kata Kunci : *Bluetooth Low Energy, Indoor Positioning, Perangkat Bergerak, Trilaterasi*

Absract

Technology to track position nowadays has been widely used. Technology such GPS can be used to track someone's position, address or as a signpost to a place. But GPS have disadvantages when used indoors, such low accuracy due to signal obstructed by buildings. Therefore, should be made a system to track positions that can be used indoors. This study aims to create a tool that can track someone's position on a mobile device using bluetooth signal strength and to ease in searching a person.

This study uses bluetooth low energy in order for the power used is low. Using mobile devices to estimate the position of the searcher and the position of the person sought by the trilateration method to calculate the distance based on receives signal strength and the coordinate position of the transmitter. The system tested in Ararkula building (O) of Telkom University at ground floor.

The end result of this system is a tool that has been tested experimentally and can estimate position with average accuracy rate above 90 percent.

Keywords : *Bluetooth Low Energy, Indoor Localization, Mobile Device, Trilateration*

1. Pendahuluan

Lokalisasi merupakan tugas untuk menentukan lokasi seseorang dalam sistem koordinat dengan menggunakan perangkat bergerak. Keakuratan lokalisasi dipengaruhi beberapa faktor, misalnya oleh karakteristik pemancar, penerima, dan karakteristik lingkungan yang mempengaruhi propagasi sinyal radio[1]. Satelit navigasi global memancarkan sinyal navigasi penentuan posisi kepada pengguna yang dikendalikan dari stasiun pengendali di Bumi. Penentuan dapat dilakukan berdasarkan empat dimensi, yaitu berdasarkan garis bujur, garis lintang, ketinggian dan waktu. Mendeteksi lokasi seseorang yang berada di luar ruangan bisa menggunakan sistem navigasi satelit seperti GPS, GLONASS, dan Galileo[2]. Namun permasalahan muncul bila seseorang tersebut berada di dalam ruangan, GPS tidak bisa bekerja dengan baik dikarenakan oleh redaman sinyal melalui bahan konstruksi di gedung dan dari sumber radio lain yang menyebabkan besarnya kesalahan pemosisian[3].

Terdapat berbagai solusi untuk pendeteksian lokasi seseorang di dalam ruangan, seperti *wifi access point* dan sinyal seluler ponsel GSM. Pendeteksian menggunakan *wifi access point* di dalam ruangan bisa dilakukan, namun membutuhkan sumber daya yang besar[3]. Pendeteksian menggunakan sinyal seluler GSM juga bisa dilakukan, tetapi masalah utama pada GSM adalah ketidaktepatan dalam penentuan lokasi karena cakupannya yang terbatas di daerah padat penduduk[10]. *Bluetooth Low Energy* (BLE) adalah pembaharuan dari

bluetooth versi sebelumnya, yakni memiliki konsumsi daya yang rendah dan memiliki pilihan konfigurasi yang beragam. Hal tersebut membuat BLE lebih menjanjikan untuk mendeteksi lokasi dibandingkan *wifi access point* dan GSM[4]. *Beacon* dapat diartikan sebagai titik atau *spot*, dimana pada titik tersebut dalam kawasan tertentu akan selalu mengirimkan informasi secara berkala. Informasi ini yang digunakan untuk menentukan lokasi perangkat yang berada di dalam ruangan. Semakin sering *beacon* ditransmisikan, maka semakin besar pula konsumsi energi yang digunakannya.

Berdasarkan uraian di atas, maka dibuatlah sebuah alat yang dapat mentransmisikan dan menerima informasi secara berkala dari perangkat pengguna untuk mendeteksi lokasi *beacon* di dalam ruangan dengan menggunakan konsumsi daya yang rendah. Penggunaan *bluetooth low energy* sebagai *beacon* akan diterapkan pada pembuatan alat ini.

2. Dasar Teori dan Perancangan Sistem

2.1 Sistem Penentu Posisi dan Lokalisasi Indoor

Sistem penentu posisi merupakan sebuah layanan untuk menentukan posisi seseorang pada sebuah ruangan atau gedung. Layanan ini biasanya diakses melalui perangkat bergerak dimana cara menentukan posisi penggunanya berdasarkan garis lintang dan bujur. Sedangkan lokalisasi indoor merupakan layanan untuk menentukan posisi seseorang menggunakan koordinat relatif[5].

2.2 RSSI

RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) memperkirakan lokasi objek berdasarkan rasio daya pemancar dan daya yang diterima dengan satuan unit dBm[7]. Prinsip pengukuran jarak RSSI menggambarkan hubungan antara daya yang dipancarkan dan daya yang diterima, dan jarak antara pemancar dan penerima.

$$d = 10^{\frac{(RSSI-A)}{-10n}} \quad (1)$$

dimana :

d = jarak antara pemancar dan penerima sinyal (m)

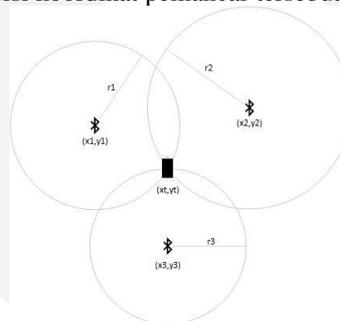
RSSI = kekuatan sinyal yang diterima (dBm)

A = kekuatan sinyal yang diterima pada jarak satu meter (dBm)

n = konstanta pada lingkungan propagasi

2.3 Trilaterasi

Trilaterasi adalah sebuah metode untuk memperkirakan posisi pengguna dengan cara menghitung jarak pengguna dengan pemancar sinyal dan posisi koordinat pemancar tersebut[5].



Gambar II.1. Konsep Trilaterasi

Pada gambar II.1 posisi pengguna dapat dihitung dengan persamaan lingkaran umum yang ditunjukkan pada (2), (3), dan (4). Pada persamaan tersebut, variabel x dan y adalah koordinat posisi pengguna, x_1 , x_2 , x_3 adalah koordinat x dari masing-masing node, y_1 , y_2 , y_3 adalah koordinat y dari node, dan r_1 , r_2 , r_3 adalah jarak antara node dengan pengguna.

$$r_1^2 = x_t^2 - 2x_t x_1 + x_1^2 + y_t^2 - 2y_t y_1 + y_1^2 \quad (2)$$

$$r_2^2 = x_t^2 - 2x_t x_2 + x_2^2 + y_t^2 - 2y_t y_2 + y_2^2 \quad (3)$$

$$r_3^2 = x_t^2 - 2x_t x_3 + x_3^2 + y_t^2 - 2y_t y_3 + y_3^2 \quad (4)$$

Dari (1), (2), dan (3), maka persamaan dapat ditulis dalam persamaan garis pada (5) dan (6)

$$ax + by = e \quad (5)$$

$$cx + dy = f \quad (6)$$

dimana a , b , c , d , e , dan f adalah konstanta dan nilainya sebagai berikut:

$a = 2(x_2 - x_1), b = 2(y_2 - y_1), c = 2(x_3 - x_2), d = 2(y_3 - y_2), e = r_1^2 - r_2^2 - x_1^2 + x_2^2 - y_1^2 + y_2^2,$
 dan $f = r_2^2 - r_3^2 - x_2^2 + x_3^2 - y_2^2 + y_3^2.$

Persamaan (5) dan (6) dapat direpresentasikan dalam bentuk $A\vec{x} = b$, dimana $A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}, \vec{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$, dan $b = \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix}$ menghasilkan bentuk pada (7)[10].

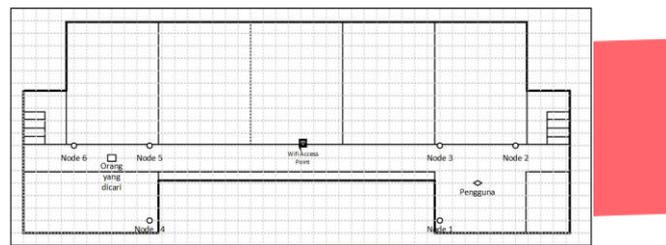
$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix} \tag{7}$$

Maka persamaan untuk mendapatkan koordinat x_t dan y_t adalah

$$x_t = \frac{(b^2+d^2)(ae+cf)-(ab+cd)(be+df)}{(a^2+c^2)(b^2+d^2)-(ab+cd)^2} \tag{8}$$

$$y_t = \frac{(a^2+c^2)(be+df)-(ab+cd)(ae+cf)}{(a^2+c^2)(b^2+d^2)-(ab+cd)^2} \tag{9}$$

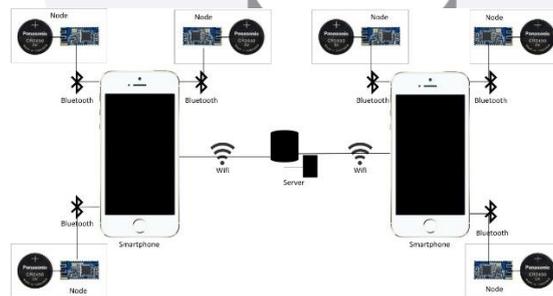
2.4 Desain Sistem



Gambar III.1. Desain Sistem

Gambaran umum desain sistem dapat dilihat dari gambar III.1. Desain memiliki 6 buah node yang dipasang pada 6 titik koordinat posisi (x,y) pada ketinggian 2 meter, setiap node terdiri dari modul *bluetooth low energy*, LED, dan catu daya 3V, Pencari dan Orang yang dicari menggunakan perangkat *smartphone* yang terkoneksi pada *wifi access point*. *Web server* sebagai penyimpan data dan pengirim data melalui jaringan *wifi* menggunakan sebuah laptop. Node mengirimkan *advertising packet* setiap satu detik berupa RSSI, UUID, *Major* dan *Minor*. Orang yang dicari akan mengestimasi koordinat posisinya berdasarkan *advertising packets* node 4, node 5, dan node 6 yang memiliki koordinat acuan, kemudian mengirimkan data ke *server* melalui jaringan *wifi*. Pencari akan mengestimasi koordinat posisinya berdasarkan *advertising packets* node 1, node 2, dan node 3 yang memiliki koordinat acuan lalu mengambil data koordinat posisi orang yang dicari dari *server* melalui jaringan *wifi*.

2.5 Desain Perangkat Keras



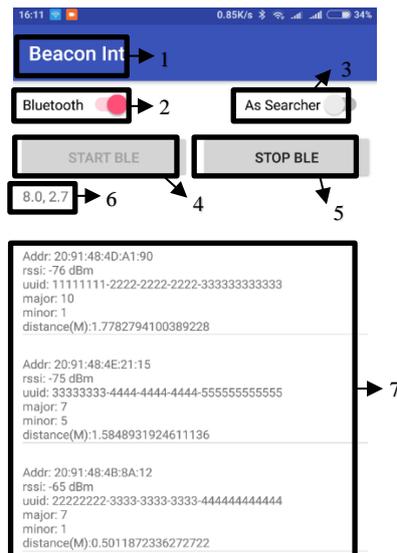
Gambar III.2. Desain Perangkat Keras

Pada desain perangkat keras ini penulis menggunakan modul *bluetooth* sebagai pemancar sinyal dan koordinat acuan, *smartphone* android sebagai antarmuka pengguna, dan laptop sebagai *web server*.

3. Hasil Percobaan dan Analisa

3.1 Implementasi Antarmuka Pengguna pada Smartphone

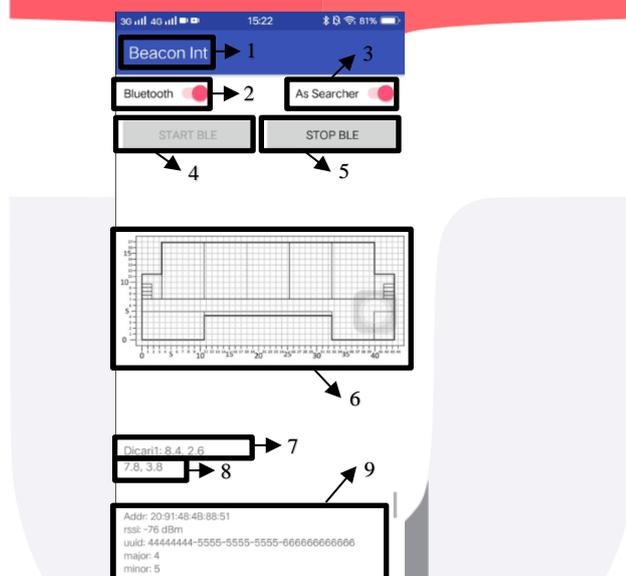
Antarmuka pada aplikasi *smartphone* berfungsi untuk membantu pengguna dalam menjalankan aplikasi, dimana terdapat penjelasan setiap fungsi dalam aplikasi tersebut.



Gambar IV.1. Antarmuka pengguna pada *smartphone* orang yang dicari

Pada gambar IV.1, berikut penjelasannya:

1. Nama Aplikasi, 2. *On/off bluetooth*, 3. Sebagai Orang yang dicari atau Pencari, 4. Mulai mencari node, 5. Berhenti mencari node, 6. Koordinat estimasi orang yang dicari, 7. Data node yang terdeteksi.



Gambar IV.2. Antarmuka pengguna pada *smartphone* pencari

Pada gambar IV.2, berikut penjelasannya:

1. Nama aplikasi, 2. *On/off bluetooth*, 3. Sebagai Orang yang dicari atau Pencari, 4. Mulai mencari node, 5. Berhenti mencari node, 6. Peta gedung Arakula (gedung O) Universitas Telkom dalam koordinat (x,y), 7. Koordinat estimasi orang yang dicari, 8. Koordinat estimasi pencari, 9. Data node yang terdeteksi.

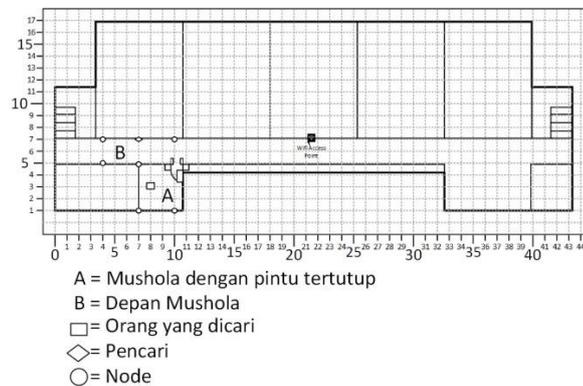
3.2 Percobaan Untuk Menentukan Nilai Awal RSSI Pada Jarak Satu Meter

Percobaan dilakukan sebanyak 30 kali untuk mendapatkan nilai RSSI pada jarak satu meter menggunakan *smartphone* Vivo Y71 dan Xiaomi Redmi 4. Data yang diperoleh dari hasil percobaan digunakan pada rumus untuk mendapatkan koordinat estimasi. Untuk mendapatkan nilai RSSI pada jarak satu meter, diambil nilai rata-rata dari 30 percobaan tersebut. Rata-rata RSSI yang didapatkan pada *smartphone* Xiaomi Redmi 4 yaitu -71 dBm dan *smartphone* Vivo Y71 yaitu -75 dBm. Perbedaan nilai RSSI yang didapatkan karena merek *smartphone* yang berbeda dan menggunakan modul *bluetooth* yang berbeda pula.

3.3 Percobaan Alat terhadap Koordinat Real

Percobaan alat terhadap koordinat real dilakukan pada gedung Ararkula (gedung O) Universitas Telkom, dengan menerapkan 7 skenario penentuan posisi. Setiap skenario terdapat 30 data yang dikumpulkan dari pencari dan 30 data yang dikumpulkan dari orang yang dicari, berikut skenarionya :

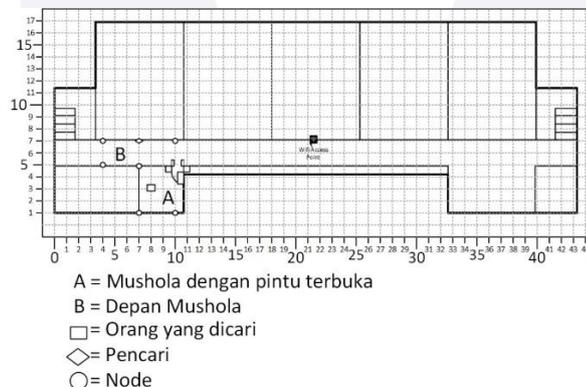
1. Skenario pertama dapat dilihat pada gambar IV.3. Orang yang dicari ditempatkan pada koordinat (8,3) di dalam mushola dengan pintu tertutup dan Pencari ditempatkan pada koordinat (7,7) di depan mushola. Node 1 berada pada koordinat (10,1), Node 2 (7,1), Node 3 (7,5), Node 4 (4,5), Node 5 (10,7), dan Node 6 (4,7).



Gambar IV.3. Skenario pertama

Rata-rata akurasi yang diperoleh orang yang dicari adalah 96,04 % dengan rata-rata *location error* sebesar 0,66 meter. Sedangkan untuk pencari, rata-rata akurasi yang diperoleh 96,69 % dengan *location error* sebesar 0,55 meter.

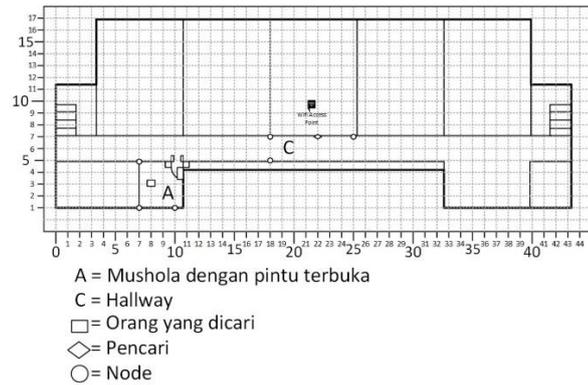
2. Skenario kedua dapat dilihat pada gambar IV.4. Orang yang dicari ditempatkan pada koordinat (8,3) di dalam mushola dengan pintu terbuka dan Pencari ditempatkan pada koordinat (7,7) di depan mushola. Node 1 berada pada koordinat (10,1), Node 2 (7,1), Node 3 (7,5), Node 4 (4,5), Node 5 (10,7), dan Node 6 (4,7).



Gambar IV.4. Skenario kedua

Rata-rata akurasi yang diperoleh orang yang dicari adalah 95,34 % dengan rata-rata *location error* sebesar 0,80 meter. Sedangkan untuk pencari, rata-rata akurasi yang diperoleh 92,90 % dengan *location error* sebesar 1,15 meter. Perbedaan antara skenario pertama dan kedua terletak pada pintu mushola yang terbuka dan tertutup. Perbedaan pintu yang terbuka dan tertutup tidak memengaruhi sinyal untuk mendapatkan koordinat estimasi dikarenakan pengiriman data koordinat estimasi dilakukan melalui *server database*.

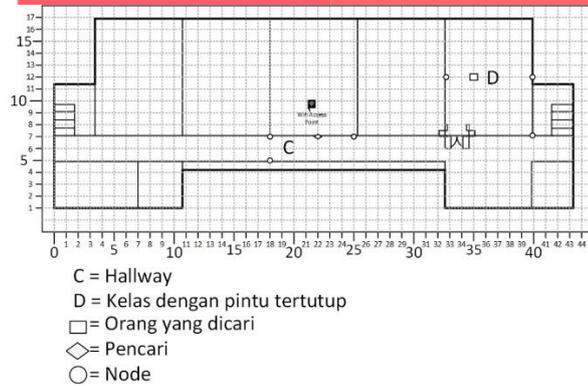
3. Skenario ketiga dapat dilihat pada gambar IV.5. Orang yang dicari ditempatkan pada koordinat (8,3) di dalam mushola dengan pintu terbuka dan Pencari ditempatkan pada koordinat (22,7) di hallway. Node 1 berada pada koordinat (10,1), Node 2 (7,1), Node 3 (7,5), Node 4 (18,7), Node 5 (18,5), dan Node 6 (25,7).



Gambar IV.5. Skenario ketiga

Rata-rata akurasi yang diperoleh orang yang dicari adalah 93,31 % dengan rata-rata *location error* sebesar 1,02 meter. Sedangkan untuk pencari, rata-rata akurasi yang diperoleh 97,81 % dengan *location error* sebesar 1,52 meter.

4. Skenario keempat dapat dilihat pada gambar IV.6. Orang yang dicari ditempatkan pada koordinat (35,12) di dalam kelas dengan pintu tertutup dan Pencari ditempatkan pada koordinat (22,7) di hallway. Node 1 berada pada koordinat (40,7), Node 2 (40,12), Node 3 (22,12), Node 4 (18,7), Node 5 (18,5), dan Node 6 (25,7).



Gambar IV.6. Skenario keempat

Rata-rata akurasi yang diperoleh orang yang dicari adalah 97,09 % dengan rata-rata *location error* sebesar 2,46 meter. Sedangkan untuk pencari, rata-rata akurasi yang diperoleh 98,07 % dengan *location error* sebesar 0,95 meter.

5. Skenario kelima dapat dilihat pada gambar IV.7. Orang yang dicari ditempatkan pada koordinat (35,12) di dalam kelas dengan pintu terbuka dan Pencari ditempatkan pada koordinat (22,7) di hallway. Node 1 berada pada koordinat (40,7), Node 2 (40,12), Node 3 (22,12), Node 4 (18,7), Node 5 (18,5), dan Node 6 (25,7).

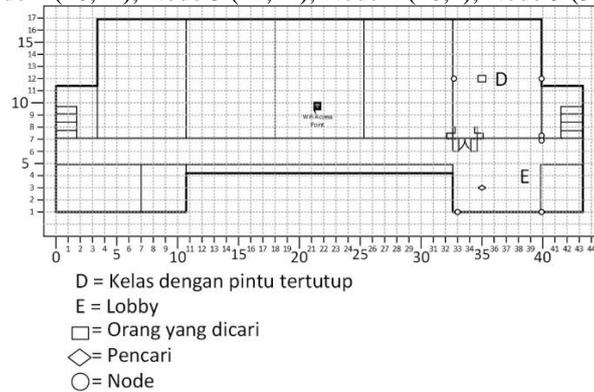


Gambar IV.7. Skenario kelima

Rata-rata akurasi yang diperoleh orang yang dicari adalah 96,28 % dengan rata-rata *location error* sebesar 3,04 meter. Sedangkan untuk pencari, rata-rata akurasi yang diperoleh 97,43 % dengan *location error*

sebesar 0,91 meter. Perbedaan antara skenario keempat dan kelima terletak pada pintu kelas yang terbuka dan tertutup. Perbedaan pintu yang terbuka dan tertutup tidak memengaruhi sinyal untuk mendapatkan koordinat estimasi dikarenakan pengiriman data koordinat estimasi dilakukan melalui *server database*.

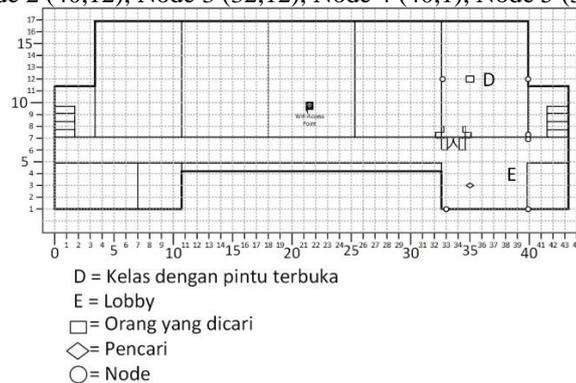
6. Skenario keenam dapat dilihat pada gambar IV.8. Orang yang dicari ditempatkan pada koordinat (35,12) di dalam kelas dengan pintu tertutup dan Pencari ditempatkan pada koordinat (35,3) di lobby. Node 1 berada pada koordinat (40,7), Node 2 (40,12), Node 3 (22,12), Node 4 (40,1), Node 5 (33,1), dan Node 6 (33,7).



Gambar IV.8 Skenario keenam

Rata-rata akurasi yang diperoleh orang yang dicari adalah 97,59 % dengan rata-rata *location error* sebesar 2,31 meter. Sedangkan untuk pencari, rata-rata akurasi yang diperoleh 97,66 % dengan *location error* sebesar 1,18 meter.

7. Skenario ketujuh dapat dilihat pada gambar IV.9. Orang yang dicari ditempatkan pada koordinat (35,12) di dalam kelas dengan pintu terbuka dan Pencari ditempatkan pada koordinat (35,3) di lobby. Node 1 berada pada koordinat (40,7), Node 2 (40,12), Node 3 (32,12), Node 4 (40,1), Node 5 (33,1), dan Node 6 (33,7).



Gambar IV.9 Skenario ketujuh

Rata-rata akurasi yang diperoleh orang yang dicari adalah 95,82 % dengan rata-rata *location error* sebesar 2,66 meter. Sedangkan untuk pencari, rata-rata akurasi yang diperoleh 96,92 % dengan *location error* sebesar 1,44 meter. Perbedaan antara skenario keenam dan ketujuh terletak pada pintu kelas yang terbuka dan tertutup. Perbedaan pintu yang terbuka dan tertutup tidak memengaruhi sinyal untuk mendapatkan koordinat estimasi dikarenakan pengiriman data koordinat estimasi dilakukan melalui *server database*.

Penyebaran data koordinat estimasi yang diperoleh menunjukkan bahwa sinyal yang diterima oleh *smartphone* orang yang dicari dan pencari berubah-ubah dan hal ini disebabkan oleh faktor lingkungan percobaan seperti dinding, kaca, dan orang di sekitar. Selain faktor di atas, terdapat faktor lainnya yang memengaruhi nilai koordinat estimasi, yaitu pemberian nilai konstanta propagasi lingkungan sebesar 2.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dan analisis pada bab IV, dapat disimpulkan bahwa :

1. Menemukan lokasi seseorang menggunakan *bluetooth low energy* dapat dilakukan dengan menggunakan node, *smartphone*, dan laptop. Dengan menerapkan tujuh skenario percobaan dimana setiap skenarionya memiliki koordinat dan kondisi yang berbeda. Orang yang dicari, Pencari, dan Node ditempatkan pada koordinat yang telah ditentukan. Berdasarkan tujuh skenario tersebut, menghasilkan akurasi yang berbeda-

beda karena adanya penghalang seperti dinding, kaca, dan orang di sekitar yang berpengaruh terhadap sinyal yang diterima. Rata-rata akurasi yang diperoleh dari setiap percobaan adalah di atas 90 persen.

2. Untuk merancang *user interface*, penulis menggunakan aplikasi Android Studio, Xampp, Notepad++, dan MySQL. Untuk bahasa pemrograman dalam aplikasi tersebut menggunakan Java, sedangkan untuk *web server* menggunakan bahasa pemrograman PHP.

Daftar Pustaka

- [1] P. Kriz, F. Maly, & T. Kozel, "Improving Indoor Localization Using Bluetooth Low Energy Beacons". Mobile Information Systems Vol. 2016, 2016.
- [2] Bakara, J., "Perkembangan Sistem Satelit Navigasi Global dan Aplikasinya". Berita Dirgantara Vol. 12 No. 2, 2011. hlm 38-47.
- [3] M. Er-Rida, F. Liu, Y. Jadi, A. A. A. Algawhari, A. Askourih, "Indoor Location Position Based on Bluetooth Signal Strength". 2015 2nd International Conference on Information Science and Control Engineering, 2015.
- [4] CC2540/1 System-on-Chip Solution for 2.4 GHz Bluetooth low energy Applications-User's Guide
- [5] A. Aryasena, R. V. H. Ginardi, F. Baskoro, "Perancangan Indoor Localization Menggunakan Bluetooth Untuk Pelacakan Posisi Benda di Dalam Ruangan". Jurnal Teknik ITS Vol. 5 No. 2, 2016.
- [6] Y. E. Rohmadi, Widyawan, W. Najib, "Teknik Positioning Pada Bluetooth". Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2015, 2015.
- [7] F. Subhan, H. Hasbullah, A. Rozyyev, S. T. Bakhsh, "Handover in Bluetooth Networks using Signal Parameters". Information Technology Journal Vol. 10 No. 5, 2011. hlm 965-973.
- [8] <https://developer.android.com/studio/intro/?hl=id>. Diakses pada 25 Januari 2018.
- [9] Z. Jianyong, C. Zili, L. Haiyong, L. Zhaohui, "RSSI Based Bluetooth Low Energy Indoor Positioning", 2014 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, 2014.
- [10] O.K. Samuel, "An Indoor Tracking System Based on Bluetooth Technology", 2011.

