

**PENGEMBANGAN SISTEM PELACAKAN LOKASI PASIEN
DALAM GEDUNG (INDOOR LOCALIZATION)
MENGUNAKAN METODE PENGENALAN POLA SINYAL
PERANGKAT BERBASIS BLUETOOTH LOW ENERGY (BLE)**

PROPOSAL SKRIPSI

Disusun oleh:
Muhammad Hasbi Ash Shiddieqy
NIM: 155150200111132



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR LAMPIRAN	iv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1 Fingerprinting	6
2.2.2 <i>Received Signal Strength</i> (RSS).....	6
2.2.3 <i>Bluetooth Low Energy</i> (BLE)	6
2.2.4 Algoritma <i>k-nearest-neighbor</i> (KNN)	6
BAB 3 METODOLOGI	8
3.1 Identifikasi Masalah	9
3.2 Studi Literatur	9
3.3 Analisis Kebutuhan	9
3.3.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras.....	9
3.4 Perancangan Sistem.....	10
3.5 Implementasi	10
3.6 Pengujian	11
3.7 Kesimpulan dan Saran	11
DAFTAR REFERENSI	12

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Metodologi Penelitian.....	8
Gambar 3.2 Alur Implementasi Sistem Pelacakan Dalam Gedung	10

DAFTAR LAMPIRAN

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun ini, perkembangan internet sudah memasuki dunia kesehatan. Memperbaiki dan memperbaharui infrastruktur kesehatan adalah tantangan dalam kehidupan modern saat ini. Beberapa kelemahan yang ada pada sistem kesehatan saat ini adalah pemantauan, perawatan, manajemen dan pengawasan pasien yang dilakukan secara manual oleh staff perawat yang mana dapat menimbulkan ketidakefisienan dalam kinerjanya. (Cesana *et al.*, 2012)

Pengawasan manual terhadap pasien yang dilakukan oleh staff rumah sakit, membuat proses layanan dalam rumah sakit menjadi kurang efisien. Contohnya pada rumah sakit jiwa dimana setiap pasien secara lokasi dapat terus berpindah-pindah karena memang tidak seperti rumah sakit biasa yang mengharuskan pasien harus terus beristirahat di ranjang pada ruangan tertentu. Kemudian pada suatu ketika ada keluarga dari pasien atau dokter yang ingin bertemu dengan pasien tersebut, maka perawat akan secara manual mencari di setiap ruangan rumah sakit satu per satu. Hal ini yang menimbulkan ketidakefisienan dari segi waktu dan tenaga sehingga dibutuhkan teknologi khusus untuk melacak lokasi pasien yang dimaksud.

Teknologi pelacakan lokasi dengan akurasi yang tinggi saat ini adalah teknologi *Global Positioning System* atau biasa disingkat GPS. GPS telah membuat dampak luar biasa pada kehidupan kita sehari-hari dengan mendukung banyak aplikasi dalam bidang panduan, pemetaan, dan sebagainya. (Haykin, 2005)

Namun sayangnya, di lingkungan berbasis dalam ruangan, kegunaan GPS atau sistem lokasi berbasis satelit memiliki kemampuan yang terbatas, karena kurangnya garis pandang dan kelemahan sinyal GPS saat mereka melintasi dinding. (Brena *et al.*, 2017). Untuk itulah diperlukan suatu teknologi dan metode khusus yang dapat melakukan pelacakan lokasi dalam ruangan atau bisa disebut Sistem Pelacakan Lokasi Dalam Ruangan. (Kim *et al.*, 2016)

Banyak teknologi dan teknik yang digunakan dalam pelacakan lokasi dalam ruangan, salah satunya menggunakan standard IEEE 802.11, atau yang biasa dikenal dengan sebutan WiFi. Teknologi ini sangat sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari yang menyediakan kapabilitas jaringan dan koneksi Internet ke perangkat yang berbeda dalam lingkungan yang privasi, umum dan komersial. (Zafari, Gkelias and Leung, 2017).

WiFi sendiri merupakan kandidat terkuat sebagai teknologi lokalisasi karena keakuratannya. Selain itu, WiFi juga dapat digunakan oleh berbagai macam perangkat mulai dari *Smartphone*, laptop dan berbagai macam perangkat portabel lainnya. Namun, teknologi WiFi memiliki kelemahan apabila ingin diimplementasikan sebagai lokalisasi dalam ruangan, yakni membutuhkan

algoritma yang lebih kompleks (Zafari, Gkelias and Leung, 2017) dan rentan terhadap perubahan pada *access point* (Brena *et al.*, 2017).

Salah satu teknologi lain yang cukup terkenal dalam lokalisasi dalam ruangan adalah Bluetooth. Bluetooth adalah teknologi komunikasi nirkabel yang menggunakan informasi yang tertanam secara digital pada sinyal frekuensi radio. Awalnya dimaksudkan untuk pertukaran data jarak dekat, hal itu didefinisikan dalam standar IEEE 802.15.1. (Chatschik, 2001).

Bluetooth sendiri dipertimbangkan untuk lokalisasi dalam ruangan sebagai kompetitor dengan WiFi khususnya sejak meluasnya penggunaan *Bluetooth Low Energy* (BLE) karena *availability*-nya (dapat digunakan oleh sebagian *smartphone*), rendah pembiayaan serta konsumsi daya yang rendah, yang memungkinkan pemancar bluetooth bekerja selama berbulan-bulan (Faragher and Harle, 2015) serta dapat diimplementasikan untuk lokalisasi dalam ruangan menggunakan algoritma yang lebih sederhana dari WiFi. (Zafari, Gkelias and Leung, 2017).

Teknologi Bluetooth dapat diimplementasikan sebagai sistem lokalisasi dalam ruangan dengan menggunakan berbagai macam teknik lokalisasi seperti *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *Angle of Arrival* (AoA), dan *Time of Flight* (ToF), sebagian besar solusi lokalisasi berbasis BLE yang ada bergantung pada input berbasis RSSI karena sistem berbasis RSSI tidak terlalu rumit. Salah satu metode yang cocok untuk teknik lokalisasi RSSI adalah *Fingerprinting* karena metode ini menggunakan kekuatan sinyal untuk menentukan lokasi. (Zafari, Gkelias and Leung, 2017).

Metode *Fingerprinting* bekerja dalam 2 fase, yakni Fase *Offline* dan Fase *Online*. Pada fase *Offline*, yang dilakukan adalah mengumpulkan karakteristik sinyal atau jaringan pada suatu lokasi yang telah ditentukan, kemudian data karakteristik jaringan tersebut disimpan pada database. Selanjutnya, pada Fase *Online* yang dilakukan adalah melakukan pengujian dengan cara mencari informasi lokasi suatu perangkat dengan mencocokkan pada database sinyal yang telah dibuat pada Fase *Offline*. (Jiang *et al.*, 2015)

Algoritma yang banyak digunakan dalam teknik *Fingerprinting* untuk mencocokkan data adalah algoritma *K-Nearest Neighbor* (kNN). kNN adalah suatu algoritma yang digunakan pada RSSI *Online* untuk mendapatkan kecocokan *k* yang terdekat (berdasarkan pengukuran RSSI *Offline* yang disimpan dalam database) dari lokasi yang diketahui menggunakan *root meansquare error* (RMSE). Nilai pencocokan terdekat kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan perkiraan lokasi perangkat / pengguna (Jiang *et al.*, 2012).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara implementasi fingerprinting dengan menggunakan Bluetooth Low Energy?

2. Bagaimana implementasi pengujian pelacakan lokasi dalam gedung menggunakan Bluetooth Low Energy?
3. Bagaimana akurasi dari implementasi pelacakan lokasi dalam gedung menggunakan Bluetooth Low Energy?

1.3 Tujuan

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengimplementasikan pelacakan lokasi dalam bangunan dengan menggunakan Bluetooth Low Energy
2. Mengimplementasikan pengujian pelacakan lokasi dalam bangunan menggunakan Bluetooth Low Energy

1.4 Manfaat

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai sebuah solusi alternatif dalam bidang kesehatan khususnya dalam hal pelacakan pasien sehingga staff rumah sakit tidak perlu mencari secara manual lokasi pasien dalam sebuah rumah sakit.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas didapatkan batasan masalah sebagai berikut :

1. Perangkat pelacakan berbasis bluetooth
2. Hasil output pelacakan hanya berupa nama lokasi, bukan koordinat
3. Perangkat yang digunakan pada pengguna yang dilacak adalah tag bluetooth

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika susunan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang pendahuluan yang meliputi latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan pada tugas akhir ini.

BAB II LANDASAN KEPUSTAKAAN

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori pemecahan masalah yang digunakan sebagai pendukung segala sesuatu yang berhubungan dengan topik penelitian ini.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan mengenai rancangan sistem dan juga alur yang akan menunjang keberhasilan penelitian ini dan agar dapat diimplementasikan di

dalam sistem dengan mengacu pada teori-teori pendukung dan metode yang telah dijabarkan sebelumnya.

BAB IV PERANCANGAN

Bab ini menjelaskan tentang perancangan sistem yang akan diimplementasikan dengan mengacu pada batasan-batasan masalah yang telah disebutkan diatas.

BAB V IMPLEMENTASI

Pada bab ini akan dijelaskan tentang pengimplementasian sistem sesuai dengan spesifikasi, perancangan dan tujuan dari sistem yang dibuat.

BAB VI PENGUJIAN

Bab ini akan menjelaskan tentang pengujian yang dilakukan terhadap sistem serta menganalisis hasil dari pengujian yang telah dilakukan

BAB VII PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan yang diambil berdasarkan tahapan - tahapan yang sudah dilakukan mulai dari perancangan, implementasi, pengujian. Pada kesimpulan juga menjawab pertanyaan - pertanyaan pada rumusan masalah dan menyebutkan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Kajian Pustaka

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Feldmann *et al.*, 2003) dengan memanfaatkan teknologi BLE untuk menentukan posisi pada ruangan dengan memanfaatkan kekuatan sinyal (RSSI) dan menentukan posisi suatu perangkat dengan metode *Triangulation* dikombinasikan dengan *Least Square Estimation* (LSE) menghasilkan akurasi presisi hingga 2,08 meter. Penelitian lain yang menggunakan teknologi yang sama dengan metode yang berbeda yakni menggunakan metode fingerprinting menghasilkan akurasi presisi hingga 1,27 meter. (Zuo *et al.*, 2018)

Kedua penelitian diatas bertujuan mencari posisi dari suatu perangkat pada sebuah ruangan atau bisa dikatakan mencari koordinat dari perangkat yang diuji. Pada penelitian yang akan penulis lakukan, penulis akan melakukan penelitian untuk mencari lokasi di ruangan mana suatu perangkat berada dengan menggunakan teknologi *Bluetooth Low Energy* dengan metode *Fingerprinting*. Kemudian untuk mencocokkan karakteristik sinyal yang diperoleh dengan karakteristik sinyal pada database penulis menggunakan algoritma *k-nearest neighbor* (kNN).

2.2 Dasar Teori

Pada dasarnya, Perbedaan antara teknik dan teknologi pada pelacakan lokasi dalam ruangan adalah, kata “teknik” memiliki arti sebagai alat abstrak dasar, yang tidak harus terikat pada media fisik, yang pada prinsipnya dapat digunakan dalam beberapa “teknologi”. Sedangkan “teknologi” adalah suatu cara khusus menggunakan sinyal fisik, yang teregistrasi melalui sensor, seperti gelombang radio atau medan magnet, untuk mencapai tujuan dalam pelacakan posisi dan lokasi dalam ruangan. (Brena *et al.*, 2017)

Beberapa metode yang dilakukan untuk pengukuran sinyal yang sering digunakan adalah RSS (*Received Signal Strength*), ToA (*Time of Arrival*), TDoA (*Time Difference of Arrival*) dan AoA (*Angle of Arrival*). Kemudian beberapa teknik yang sering digunakan untuk penentuan lokasi adalah *Proximity*, *Fingerprinting*, *Signal Propagation*, *Multipath Environment*, *Line of Sight*, *Synchronization*. Kemudian dari segi teknologi yang banyak dipakai untuk pelacakan lokasi dan posisi dalam ruangan adalah *Infrared*, VLC (*Visible Light Communication*), *Ultrasonic Audible Sound*, Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, RFID, UWB (*Ultrawideband*), *Geomagnetic*, *Inertial*, *Ambient Sound*, *Ambient Light*, *Computer Vision*. (Brena *et al.*, 2017). Kemudian pada sisi algoritma yang digunakan untuk penentuan lokasi sejauh ini ada 5 yakni : Metode Probabilitas, *k-nearest-neighbour* (kNN), *neural networks*, *support vector machine* (SVM) dan *smallest M-vertex polygon* (SMP). (Liu *et al.*, 2007)

Pada penelitian ini, penulis menggunakan teknik *fingerprinting* dengan pengukuran sinyal menggunakan RSS (*Received Signal Strength*). Untuk

teknologi yang digunakan, penulis menggunakan teknologi *Bluetooth Low Energy* dengan algoritma *kNN* untuk penentuan lokasi dalam sistem pelacakan lokasi di dalam gedung.

2.2.1 Fingerprinting

Fingerprinting adalah sebuah metode yang digunakan untuk mengkalkulasikan perkiraan lokasi. Istilah ini telah digunakan terutama sebagai cara untuk mendapatkan lokasi dari deteksi sinyal Wi-Fi dan sejenisnya, karena dapat digunakan di perangkat seluler, tetapi ini adalah teknik umum yang telah digunakan untuk Bluetooth dan magnet juga. *Fingerprinting* terdiri dari 2 fase, yakni fase training dan penentuan posisi. Dalam fase training, sebuah *radio map* dari nilai kekuatan sinyal yang diamati dari lokasi yang berbeda direkam. Kemudian, pada fase penentuan posisi, nilai kekuatan sinyal yang diamati pada perangkat pengguna dibandingkan dengan *radio map* tadi menggunakan algoritma pencocokan kedekatan semisal *k-nearest-neighbor* untuk menyimpulkan lokasi pengguna saat ini. (Jiang *et al.*, 2015)

2.2.2 Received Signal Strength (RSS)

Received Signal Strength (RSS) adalah intensitas medan sinyal pada titik penerima. RSS diukur pada penerima, kemudian jarak dapat diperkirakan dengan menggunakan menggunakan model perambatan sinyal atau metode lain. Teknik RSS membutuhkan penggunaan multiraterasi. (Brena *et al.*, 2017)

2.2.3 Bluetooth Low Energy (BLE)

Bluetooth adalah teknologi komunikasi nirkabel yang menggunakan informasi yang tertanam secara digital pada sinyal frekuensi radio. Awalnya dimaksudkan untuk pertukaran data dalam jarak pendek, hal itu didefinisikan oleh standar IEEE 802.15.1. Tujuan utama dari teknologi ini adalah untuk memfasilitasi komunikasi antara perangkat bergerak dan perangkat diam atau dua perangkat seluler, untuk menghilangkan kabel dan konektor antar perangkat (misal, Dalam penggunaan headphone nirkabel), dan untuk memfasilitasi sinkronisasi data antara perangkat pribadi. (Chatschik, 2001)

Teknologi Bluetooth telah dipertimbangkan untuk sistem posisi dalam ruangan sebagai pesaing Wi-Fi, khususnya sejak adopsi Bluetooth Low Energy (BLE), karena *availability*-nya (didukung oleh sebagian besar smartphone modern), biaya rendah, dan mengkonsumsi daya yang sangat rendah, yang memungkinkan alat tetap bekerja menggunakan baterai selama beberapa bulan atau bahkan bertahun-tahun. (Faragher and Harle, 2015)

2.2.4 Algoritma *k-nearest-neighbor* (KNN)

Algoritme *k-nearest neighbor* (*k*-NN atau KNN) adalah sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut.

Data pembelajaran diproyeksikan ke ruang berdimensi banyak, dimana masing-masing dimensi merepresentasikan fitur dari data. Ruang ini dibagi menjadi bagian-bagian berdasarkan klasifikasi data pembelajaran. Sebuah titik pada ruang ini ditandai kelas c , jika kelas c merupakan klasifikasi yang paling banyak ditemui pada k buah tetangga terdekat titik tersebut. Dekat atau jauhnya tetangga biasanya dihitung berdasarkan jarak Euclidean.

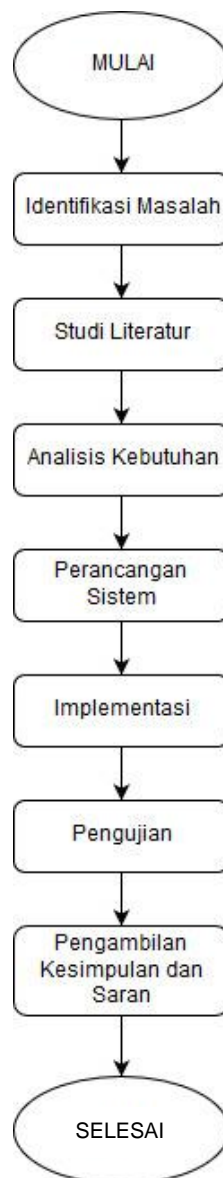
Pada fase pembelajaran, algoritma ini hanya melakukan penyimpanan vektor-vektor fitur dan klasifikasi dari data pembelajaran. Pada fase klasifikasi, fitur-fitur yang sama dihitung untuk data test (yang klasifikasinya tidak diketahui). Jarak dari vektor yang baru ini terhadap seluruh vektor data pembelajaran dihitung, dan sejumlah k buah yang paling dekat diambil. Titik yang baru klasifikasinya diprediksikan termasuk pada klasifikasi terbanyak dari titik-titik tersebut.

Nilai k yang terbaik untuk algoritma ini tergantung pada data secara umumnya, nilai k yang tinggi akan mengurangi efek noise pada klasifikasi, tetapi membuat batasan antara setiap klasifikasi menjadi lebih kabur. Nilai k yang bagus dapat dipilih dengan optimasi parameter, misalnya dengan menggunakan cross-validation.

BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah apa saja yang akan dilakukan untuk menyelesaikan masalah pada penelitian ini. Langkah yang akan disusun untuk menyelesaikan masalah pada penelitian ini meliputi : Identifikasi masalah, studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian dan pengambilan kesimpulan dan saran.

Dibawah ini adalah susunan metodologi yang akan dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

3.1 Identifikasi Masalah

Penulis menemukan masalah pada infrastruktur kesehatan rumah sakit khususnya pada bagian pencarian pasien yang masih dilakukan secara manual oleh staff rumah sakit. Hal ini berdampak pada efisiensi kinerja dari sistem rumah sakit tersebut sehingga penulis memberikan solusi dengan cara melacak posisi pasien dengan menggunakan tag bluetooth sehingga staff perawat dapat dengan mudah menemukan lokasi pasien.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menentukan objek penelitian yang sesuai dengan topik yang diambil. Dalam pembahasan studi literatur penelitian ini, penulis melakukan studi literatur agar dapat mempelajari teori-teori pendukung dalam penelitian ini. Referensi yang digunakan berasal dari beberapa jurnal yang meneliti tentang pelacakan dalam ruangan. Namun penulis menggunakan jurnal survey karya Brena *et al.* dengan judul *Evolution of Indoor Positioning Technologies: A Survey* yang mana di dalamnya menjelaskan tentang berbagai macam penelitian tentang *indoor localization* maupun *indoor positioning*.

3.3 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan memiliki tujuan untuk memahami kebutuhan yang diperlukan pada penelitian ini

3.3.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Pada penelitian ini, penulis membutuhkan perangkat keras dengan rincian sebagai berikut :

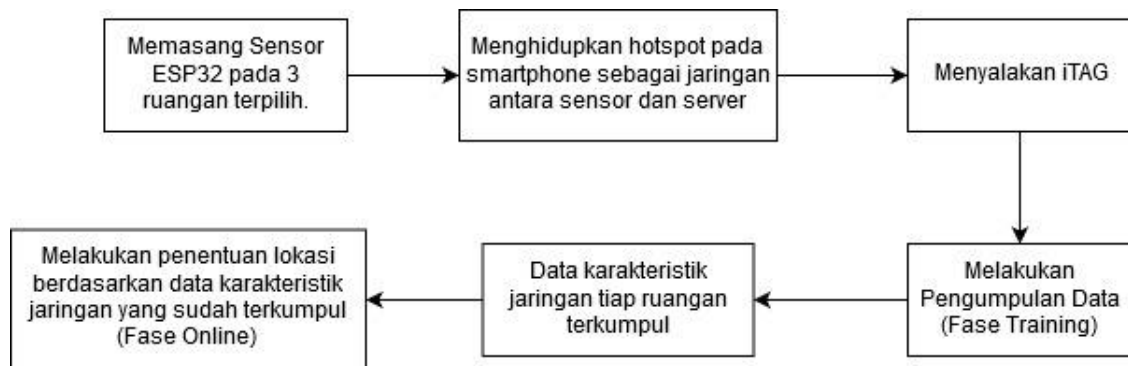
1. Mikrokontroler ESP32, dengan jumlah dan fungsi sebagai berikut :
 - Jumlah : 5
 - Fungsi : Sebagai perangkat yang menerima sinyal bluetooth untuk kemudian dikirim menuju server
2. iTAG Bluetooth, dengan jumlah dan fungsi sebagai berikut :
 - Jumlah : 1
 - Fungsi : Sebagai perangkat yang memancarkan sinyal bluetooth
3. Smartphone Android, dengan jumlah dan fungsi sebagai berikut :
 - Jumlah : 1
 - Fungsi : Sebagai penyedia jaringan bagi sensor ESP32 untuk mengirim data sinyal bluetooth yang berhasil didapatkan menuju server

4. Laptop, dengan jumlah dan fungsi sebagai berikut :

- Jumlah : 1
- Fungsi : Sebagai database server untuk memproses data sinyal Bluetooth yang dikirimkan oleh sensor ESP32

3.4 Perancangan Sistem

Dalam tahap perancangan, peneliti melakukan perancangan yang meliputi alur sistem yang dibuat. Penelitian ini bersifat implementatif dan menggunakan data yang berasal dari karakteristik jaringan yang telah dikumpulkan pada fase pertama *Fingerprinting*. Berikut merupakan alur implementasi yang akan dilakukan :



Gambar 3.2 Alur Implementasi Sistem Pelacakan Dalam Gedung

Gambar 3.2 merupakan gambaran model perancangan sistem. Dimana akan dilakukan pemasangan sensor pada 3 ruangan terpilih dimana 2 ruangan menggunakan 2 sensor ESP32 dan 1 ruangan menggunakan 1 buah sensor ESP32. Selanjutnya akan dilakukan pengumpulan data karakteristik sinyal dengan mendatangi ruangan-ruangan yang dipilih lalu sensor ESP32 menangkap sinyal bluetooth dari perangkat iTAG dan data sinyal RSSI yang telah didapat dikirim ke server untuk kemudian disimpan dalam database. Lalu kita melakukan proses penentuan lokasi dengan cara mendatangi salah satu ruangan secara acak, kemudian sensor ESP32 menangkap sinyal bluetooth dari iTAG untuk selanjutnya dikirim menuju server dan diproses oleh sistem dan ditampilkan hasil dari pembacaan data sinyal tadi berupa nama ruangan yang dimasuki.

3.5 Implementasi

Tahapan implementasi merupakan kegiatan pengimplementasian sistem yang telah dirancang dan disusun sebelumnya. Implementasi dilakukan dengan menggunakan perangkat-perangkat yang telah disebutkan sebelumnya pada analisis kebutuhan.

3.6 Pengujian

Pada tahap ini, sistem telah berhasil dirancang lalu penulis akan melakukan pengujian pada sistem yang dibangun. Pengujian dilakukan untuk mengetahui bahwa sistem telah dapat berjalan sesuai dengan spesifikasi, kebutuhan, dan tujuannya. Selain itu, pada tahap pengujian ini penulis akan menguji akurasi dari sistem pelacakan dalam ruangan yang telah diimplementasikan.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan hasil akhir dari setiap langkah-langkah yang dilewati pada penelitian ini yang akan menjawab rumusan masalah yang telah disebutkan terlebih dahulu pada awal penelitian.

DAFTAR REFERENSI

- Brena, R. F. *et al.* (2017) 'Evolution of Indoor Positioning Technologies: A Survey', *Journal of Sensors*, 2017. doi: 10.1155/2017/2630413.
- Cesana, M. *et al.* (2012) 'An integrated system based on wireless sensor networks for patient monitoring, localization and tracking', *Ad Hoc Networks*. Elsevier B.V., 11(1), pp. 39–53. doi: 10.1016/j.adhoc.2012.04.006.
- Chatschik, B. (2001) 'An overview of the Bluetooth wireless technology', *IEEE Communications Magazine*, vol.39, no(December), pp. 86–94.
- Faragher, R. and Harle, R. (2015) 'Location Fingerprinting With Bluetooth Low Energy Beacons', *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 33(11), pp. 2418–2428. doi: 10.1109/JSAC.2015.2430281.
- Feldmann, S. *et al.* (2003) 'An indoor Bluetooth-based positioning system: concept, implementation and experimental evaluation', *International Conference on Wireless Networks (ICWN)*, pp. 109–113. doi: 10.1111/j.1365-2869.2004.00420.x.
- Haykin, S. (2005) 'Cognitive Radio : Brain-Empowered', *IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS*, 23(2), pp. 201–220.
- Jiang, P. *et al.* (2015) 'Indoor mobile localization based on Wi-Fi fingerprint's important access point', *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2015. doi: 10.1155/2015/429104.
- Jiang, Y. *et al.* (2012) 'Ariel: Automatic wi-fi based room fingerprinting for indoor localization', *Proceedings of the UbiComp 2012, ACM Conference on Ubiquitous Computing*, pp. 441–450. doi: 10.1145/2370216.2370282.
- Kim, W. *et al.* (2016) 'Crowdsourced Indoor Localization by Uncalibrated Heterogeneous Wi-Fi Devices', *Mobile Information Systems*, 2016(Cil), pp. 1–18. doi: 10.1155/2016/4916563.
- Liu, H. *et al.* (2007) 'Survey of wireless indoor positioning techniques and systems', *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews*, 37(6), pp. 1067–1080. doi: 10.1109/TSMCC.2007.905750.
- Zafari, F., Gkelias, A. and Leung, K. (2017) 'A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies', pp. 1–32. doi: 10.1109/SIU.2014.6830467.
- Zuo, Z. *et al.* (2018) 'Indoor positioning based on bluetooth low-energy beacons adopting graph optimization', *Sensors (Switzerland)*, 18(11), pp. 1–20. doi: 10.3390/s18113736.