

**DESAIN DAN ANALISIS SISTEM MONITORING LOKASI PASIEN
MENGUNAKAN *BLUETOOTH LOW ENERGY BEACON*
DENGAN ALGORITMA K-NN DAN *TRILATERATION***

Tesis S-2

Untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik
Program Studi Magister Teknik Elektro



Diajukan Oleh

Didik Styawan

20601800015

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2022

Desain dan Analisis Sistem Monitoring Lokasi Pasien Menggunakan Bluetooth Low Energy Beacon Dengan Algoritma K-Nn dan Trilateration

Yang disiapkan dan disusun oleh
Didik Styawan
20601800015

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada Tanggal 12 September 2022

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama



(Ir. Suryani Alifah, MT, PhD)
NIDN: 0625036901

Ketua Penguji



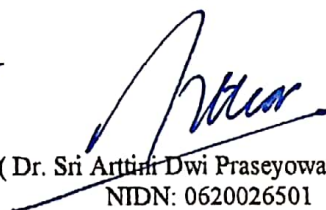
(Dr. Ir. Muhamad Haddin, MT)
NIDN: 0618066301

Pembimbing Pendamping



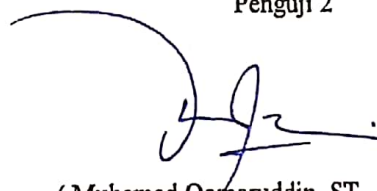
(Arief Marwanto, ST., M. Eng, PhD)
NIDN: 0626097501

Penguji 1



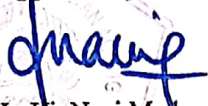
(Dr. Sri Artiani Dwi Praseyowati, M.Si)
NIDN: 0620026501

Penguji 2



(Muhamad Qomaruddin, ST., M.Sc., Ph.D)
NIDN: 0631057101

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar Magister Teknik
Tanggal 12 September 2022



Dr. Ir. Hj. Novi Marllyana, MT.
NIDN. 0015117601
Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Didik Styawan
NIM : 20601800015
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis yang diajukan kepada Program Studi Magister Teknik Elektro dengan judul:

“DESAIN DAN ANALISIS SISTEM MONITORING LOKASI PASIEN
MENGUNAKAN BLUETOOTH LOW ENERGY BEACON DENGAN
ALGORITMA K-NN DAN TRILATERATION”

Adalah hasil karya sendiri, judul tersebut belum pernah diajukan untuk memperoleh gelas Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) ataupun pada universitas lain serta belum pernah ditulis maupun diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu, disitasi dan ditunjuk dalam daftar pustaka. Tesis ini adalah milik saya, segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tesis ini adalah tanggung jawab saya.

Semarang, 12 September 2022

Penulis



Didik Styawan

20601800015

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur yang sedalam-dalamnya penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Esa atas segala berkat dan limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tesis dengan judul **“DESAIN DAN ANALISIS SISTEM MONITORING LOKASI PASIEN MENGGUNAKAN BLUETOOTH LOW ENERGY BEACON DENGAN ALGORITMA K-NN DAN TRILATERATION”**.

Tujuan dari penulisan tesis ini adalah untuk memenuhi syarat dalam mencapai derajat Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA).

Di dalam proses penulisan tesis ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penulisan tesis ini dapat terselesaikan tepat waktu. Oleh karena itu, ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada :

1. Kedua Orang Tua yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan studi Magister Teknik Elektro di UNISSULA Semarang.
2. Bapak Arief Marwanto, ST., M. Eng, Ph. D. selaku Dosen Pembimbing.
3. Ibu Ir. Suryani Alifah, MT, PhD. selaku Dosen Pembimbing.
4. Ibu Dr. Novi Marlyana, ST., MT. selaku Kapordi Fakultas Magister Teknik Elektro UNISSULA Semarang.
5. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan bimbingan dan membekali ilmu kepada penulis selama menempuh pendidikan.
6. CV. Bartec Utama Mandiri yang telah memberikan beasiswa sekolah Magister Teknik Elektro di UNISSULA.
7. Istri saya yang selalu memberikan doa dan dukungan serta membantu menyelesaikan studi.
8. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu yang telah membantu penyelesaian Tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saran beserta kritikan yang membangun sangat diharapkan. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Semarang 12 Agustus 2022

Didik Styawan



ABSTRAK

Setiap pasien yang dirawat di rumah sakit memiliki riwayat penyakit tertentu. Salah satunya adalah penyakit Alzheimer berupa gangguan otak progresif yang perlu perlakuan khusus. Selain itu, pasien yang berada di rumah sakit tidak ingin berlama-lama di rumah sakit dan hal terburuk yang bisa terjadi adalah pasien meninggalkan rumah sakit tanpa izin. Untuk itu diperlukan sebuah alat untuk memantau lokasi pasien.

GPS merupakan salah satu teknologi yang digunakan untuk penentuan lokasi pasien yang memanfaatkan satelit. Namun, GPS memiliki kelemahan ketika di dalam ruangan tingkat akurasi berkurang dikarenakan tidak dapat menangkap sinyal satelit dengan baik. Akibatnya, jika di dalam ruangan hasil akurasi berkurang. Selain GPS, Teknik yang digunakan untuk menentukan jarak antara lain adalah angle of arrival (AoA), Time of Flight (ToF), Time Difference of Arrival (TDoA) dan Received Signal Strength (RSSI). Untuk mengatasi hal tersebut, maka RSSI yang terdapat pada *Bluetooth Low Energy* atau BLE digunakan. Untuk meningkatkan akurasi lokasi pasien di dalam ruangan, digunakan metode algoritma K-NN dan Trilaterasi.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa tingkat kesalahan yang dihasilkan adalah sebesar 20% dengan tingkat akurasi 4.19 meter. Jika dibandingkan dengan GPS, GPS tidak mampu atau kesulitan dalam mendapatkan sinyal satelit.

Kata kunci: LBS, BLE, K-NN, *Trilateration*

ABSTRACT

Every patient who is hospitalized has a history of certain diseases. One of them is Alzheimer's disease in the form of a progressive brain disorder that needs special treatment. In addition, patients who are in the hospital do not want to stay in the hospital for long and the worst thing that can happen is that the patient leaves the hospital without permission. For that we need a tool to monitor the location of the patient.

GPS is one of the technologies used to determine the location of an object using satellites. However, GPS has a weakness when indoors the level of accuracy is reduced because it cannot catch satellite signals properly. As a result, if indoors the accuracy results are reduced. Apart from GPS, the techniques used to determine distance include angle of arrival (AoA), Time of Flight (ToF), Time Difference of Arrival (TDoA) and Received Signal Strength (RSSI). To overcome this, the RSSI contained in Bluetooth Low Energy or BLE is used. To improve the accuracy of the patient's location in the room, the K-NN and Trilateration algorithm methods are used.

The results of the study show that the resulting error rate is 20% with an accuracy level of 4.19 meters. When compared to GPS, GPS is unable or has difficulty getting satellite signals. Keywords: LBS, BLE, K-NN, Trilateration

DAFTAR ISI

JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR PERSAMAAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Keaslian Penelitian.....	4
1.7. Kontribusi Tesis	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kajian Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1. Bluetooth Low Energy (BLE)	7
2.2.2. RSSI.....	8
2.2.3. Algoritma KNN	11
2.2.4. Trilateration	12
2.2.5. MQTT.....	13
2.2.6. Sistem Database MySQL	13
2.2.7. Server.....	14
2.2.8. Mikrokontroler ESP32.....	15
2.2.9. Smart Band	16

BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Tahapan Penelitian	17
3.2 Model Penelitian	18
3.2.1 Penertentuan titik lokasi stasiun dan clustering.....	18
3.2.2 Pengukuran nilai P_{R0}	18
3.2.3 Pengambilan data latih dan data uji.....	19
3.2.4 Pengelompokan kelas data uji	19
3.2.5 Penentuan titik koordinat.....	19
3.3 Design Sistem.....	20
3.4 Perancangan <i>Hardware</i>	21
3.4.1. Stasiun ESP32	21
3.4.2. Server MQTT	21
3.4.3. Server Database	22
3.5 Alat dan bahan.....	22
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1. Pemasangan Stasiun	23
4.2. Meghitung nilai P_{R0}	23
4.3. Pegambilan Data Latih dan Data Uji	26
4.4. Pengelompokan dengan K-NN	28
4.5. Perhitungan dengan Trilateration.....	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1. Kesimpulan	31
5.2. Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konsep Trilateration.....	.....
Gambar 2.2 Model Publish/Subscribe MQTT .....	.....
Gambar 2.3 Mikrokontroler ESP32 .....	.....
Gambar 2.4 Diagram Block ESP32 .....	.....
Gambar 2.5 <i>Smartband</i> .....	.....
Gambar 3.1 Tahapan penelitian .....	.....
Gambar 3.2 Denah penentuan titik lokasi stasiun dan cluster .....	.....
Gambar 3.3 Penentuan nilai P_{R0}.....	.....
Gambar 3.4 Desain sistem.....	.....
Gambar 3.5 Struktur table ble_temporary.....	.....
Gambar 3.6 Wiring diagram ESP32.....	.....
Gambar 4.1 Pemasangan stasiun pada titik yang sudah ditentukan.....	.....
Gambar 4.2 Grafik hasil pengukuran nilai P_{R0} dengan antena internal.....	.....
Gambar 4.3 Grafik hasil pengukuran nilai P_{R0} dengan antena external 3dB .....	.....
Gambar 4.4 Titik data latih yang diambil .....	.....
Gambar 4.5 Pengukuran koordinat dengan alat ukur <i>Laser Distance Meter</i>.....	.....
Gambar 4.6 Titik data uji yang diambil .....	.....
Gambar 4.7 Koordinat hasil perhitungan data uji .....	.....

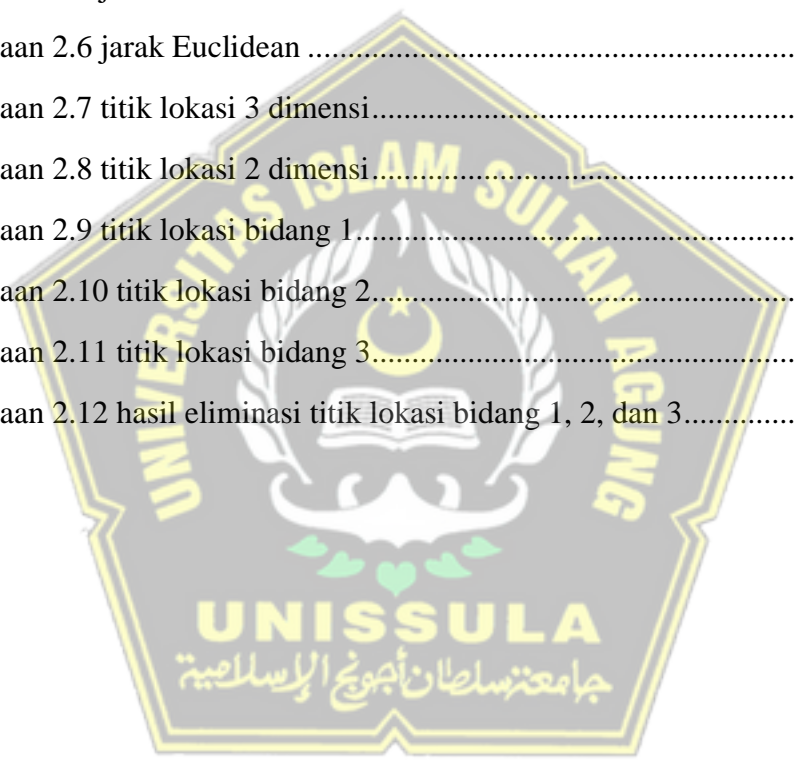
DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian	
Tabel 2.1 Path loss Exponent (PLE) untuk lingkungan berbeda	
Tabel 4.1 Hasil pengukuran nilai PRO tanpa antena	
Tabel 4.2 hasil pengukuran nilai PRO dengan antena external 3dB.....	
Tabel 4.3 Pengambilan data training KNN	
Tabel 4.4 Data sample pengujian	
Tabel 4.5 Perhitungan jarak Euclidean dan penentuan cluster	
Tabel 4.6 Hasil perhitungan koordinat.....	



DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 nilai RSSI.....	
Persamaan 2.2 kuat sinyal	
Persamaan 2.3 jarak RSSI.....	
Persamaan 2.4 jarak dengan menggunakan RSSI.....	
Persamaan 2.5 jarak Euclidean	
Persamaan 2.6 jarak Euclidean	
Persamaan 2.7 titik lokasi 3 dimensi.....	
Persamaan 2.8 titik lokasi 2 dimensi.....	
Persamaan 2.9 titik lokasi bidang 1.....	
Persamaan 2.10 titik lokasi bidang 2.....	
Persamaan 2.11 titik lokasi bidang 3.....	
Persamaan 2.12 hasil eliminasi titik lokasi bidang 1, 2, dan 3.....	



BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang Masalah

Kesehatan merupakan hal yang sangat penting bagi semua orang. Berbagai cara dilakukan agar kita tetap sehat. Ketika seseorang sudah terlanjur sakit maka akan berobat ke pusat kesehatan seperti klinik, puskesmas, atau rumah sakit. Metode perawatan orang sakit juga berbeda-beda tergantung jenis penyakit yang diderita pasien. Ada pasien yang hanya perlu rawat jalan, dan ada juga pasien yang perlu rawat inap.

Terkadang pasien yang harus dirawat inap tidak ingin berlama-lama di rumah sakit. Hal terburuk yang bisa dilakukan oleh pasien seperti ini adalah meninggalkan rumah sakit tanpa sepengetahuan atau seizin dokter/pihak rumah sakit. Hal ini bisa berakibat buruk bagi pasien dan bahkan orang-orang yang ada di sekitar pasien. Selain itu, ada juga pasien dengan penyakit tertentu seperti Alzheimer yang memerlukan penanganan khusus. Alzheimer merupakan penyakit gangguan otak progresif yang tidak reversible dan secara perlahan merusak memori, kemampuan berpikir, serta mengurangi kemampuan untuk melakukan aktivitas paling sederhana[1]. Penyakit ini menyebabkan penderitanya bisa lupa ingatan atau pikun sehingga perlu penanganan khusus seperti pengawasan agar pasien tidak pergi tanpa sepengetahuan petugas atau pihak keluarga yang menunggu.

Global Positioning System (GPS) merupakan sistem satelit navigasi yang bisa menentukan dan melacak lokasi serta jarak keberadaan suatu objek yang terintegrasi dengan sinyal GPS dari sinyal satelit[2]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Resika Arthana dkk mengenai Sistem Monitoring Detak Jantung dan Pasien bisa membantu penderita penyakit jantung yang melakukan rawat jalan dan akan mengirimkan notifikasi berupa SMS ketika penderita mengalami gejala-gejala yang tidak normal[4]. Tetapi untuk akurasi lokasi pasien masih tergantung pada posisi pasien berada di dalam ruangan atau di luar

ruangan. Akurasi GPS dipengaruhi oleh jumlah satelit yang bisa terkoneksi. Kelemahan dari GPS adalah ketika di dalam ruangan, kemampuan menangkap sinyal satelit berkurang sehingga akurasi dari GPS itu sendiri juga berkurang.

Menurut Taufik Nurhidayat dkk, *Bluetooth BLE* bisa dimanfaatkan sebagai alat penunjuk lokasi karena pada *Bluetooth BLE* terdapat teknologi *beacon* yang memancarkan sinyal *Tx Power*, *RSSI (Received Signal Strength Indicator)* dan *distance* atau jarak[3]. *Beacon* merupakan perangkat berbasis BLE yang memancarkan bluetooth dan mampu terkoneksi secara wireless dengan perangkat yang memiliki konektifitas bluetooth versi 4.0 pada radius tertentu[4]. Teknologi BLE saat ini banyak ditemukan di perangkat *Smartband* atau gelang pintar.

Gelang pasien adalah salah satu alat identifikasi yang digunakan rumah sakit yang berisi informasi mengenai pasien tersebut agar mudah diidentifikasi bagaimana cara perlakuan terhadap pasien tersebut[5]. Hal ini sesuai dengan anjuran dari WHO yang mengacu pada Permenkes-RI No. 1691/MENKES/PER/V11/2011 tentang keselamatan pasien yang dirawat di rumah sakit, diperlukan sebuah alat identifikasi untuk pasien rawat inap[6].

Dari permasalahan tersebut, maka diperlukan alternatif dari GPS yang mampu menunjukkan lokasi di dalam ruangan. Dengan memanfaatkan *Smartband* dengan teknologi *Bluetooth BLE* sebagai gelang pasien, maka penulis melakukan perancangan sebuah *prototype* alat monitoring lokasi pasien dengan menggunakan teknologi *Bluetooth Low Energi (BLE)* dengan memanfaatkan *Beacon* serta *MQTT* sebagai metode pengiriman data. Metode yang digunakan adalah K-NN sebagai pengelompokan kelas dan *Trilateration* sebagai penentu titik koordinat pasien.

1.2.Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang sudah dijelaskan di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara menerapkan metode K-NN dan Trilateration sebagai penentu titik lokasi pasien?

- b. Bagaimana membuat desain sistem *Monitoring Patient's Location* menggunakan *Bluetooth Low Energi Beacon* dengan metode Algoritma K-NN dan Trilateration sebagai penunjuk lokasi pasien?

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian tidak menyimpang dari pokok permasalahan, maka diperlukan pembatasan masalah. Hal ini diperlukan karena adanya keterbatasan waktu, kemampuan dan sarana pendukung serta permasalahan yang luas. Oleh sebab itu, penulis membatasi permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut:

- a. Alat yang digunakan pada pasien menggunakan alat/gelang *Bluetooth* yang sudah ada di pasaran.
- b. Prototype yang dibuat berupa transmitter dan gateway dari gelang ke IoT server.
- c. Maksimal jarak antar stasiun tidak lebih dari 6 meter.
- d. Pengujian dilakukan di gedung PT. RDAP Testing & Kalibrasi Semarang lantai 2.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian sesuai dengan pembahasan permasalahan di atas adalah sebagai berikut:

- a. Penerapan metode KNN untuk menentukan kelas terdekat dan metode *Trilateration* sebagai penentu koordinat pasien rumah sakit dengan memanfaatkan nilai RSSI untuk menentukan jarak.
- b. Merancang sistem *Monitoring Patient's Location* menggunakan *Bluetooth Low Energi Beacon* dan metode Algoritma K-NN dan *Trilateration* sebagai penunjuk lokasi pasien.

1.5. Manfaat Penelitian

Penulis berharap penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

- a. Diharapkan dalam perancangan sistem ini, bisa membantu untuk menentukan lokasi pasien yang tidak ada di ruang perawatan.
- b. Diperoleh suatu implementasi teknologi *Bluetooth BLE Beacon* pada bidang kesehatan khususnya pada pendeteksi lokasi pasien.

- c. Menyediakan desain sistem atau menghasilkan metode penentuan lokasi dengan BLE yang lebih akurat.

1.6.Keaslian Penelitian

Dalam penelitian ini memiliki kontribusi dalam desain sistem monitoring lokasi pasien dengan memanfaatkan RSSI Bluetooth BLE dan 2 metode yaitu K-NN dan Trilateration. Berikut adalah beberapa penelitian yang berhubungan dengan metode tersebut:

Tabel 1. 1 Keaslian Penelitian

No.	Judul	Author	Metode	Kelebihan	Kelemahan	Ket.
1	Sistem Pengawasan Anak Pada Lingkungan Outdoor Menggunakan Itag Bluetooth[7]	Andi Yan Rizaldi		Mampu bekerja dengan baik pada luar ruangan dengan persentasi keberhasilan 81.24%	Jika dioperasikan di dalam ruangan, hasil kurang maksimal. ITag hanya berfungsi sebagai alarm jika diluar jangkauan smartphone.	2019, [7]
2	Analisis dan Perancangan Arsitektur Sistem Aplikasi Layanan Informasi Lokasi Berbasis IoT[8]	Edi Mulyana, Fauzi Abdurahim, M. Ali Ramdhani, Opik Taupikurahman	Metode berorientasi objek dengan pendekatan UML	Rancangan sistem mampu memberikan informasi lokasi lokasi ke pengunjung	Tidak ada data hasil pengujian sehingga teori yang dipaparkan belum bisa dibuktikan	2019, [8]
3	Implementation Of Bluetooth Low Energy Technology And Trilateration Method For Indoor Route Search[9]	Bahri Rizaldi, Doni Setio Pambudi, Taufiqotul Bariyah	Metode Trilateration	Pada implementasi BLE menggunakan metode trilateration yang menghasilkan sebuah koordinat dengan tingkat eror sebesar 0,728.		2020, [9]
4	Pengembangan Penggunaan I-Beacon Pada Sistem Parkir Elektronik[4]	Darwito, Haryadi Amran Briantoro, Hendy Berlinda, Dea Ayu	Pengukuran rentang dengan RSSI	Mampu mengetahui lokasi atau slot parkir yang kosong	Jika jarak Beacon semakin jauh atau terdapat halangan, maka kekuatan sinyal yang dipancarkan juga semakin lemah sehingga kurang akurat	2017, [4]
5	Implementasi Tekonologi IBeacon (Bloetooth Low Energi	Taufik Nurhidayat, Harjono, Sugiarto, Taman Ginting	Metode Deret/Array	Nilai RSSI yang dihasilkan sudah sesuai dengan titik	Prediksi titik koordinat masih dipengaruhi oelh besar/kecilnya	2018, [3]

No.	Judul	Author	Metode	Kelebihan	Kelemahan	Ket.
	BLE) di Politama[3]			lokasi penelitian sehingga bisa digunakan sebagai petunjuk lokasi	frekuensi yang bekerja serta tingkat mobilitas user.	
6	J103 - Sensor Control Technology Applications Berbasis Bluetooth Low Energy (BLE) Untuk Mobile System Services Real Time[10]	Taufik Nurhidayat, Taman Ginting, Harjono, Yusuf Eko Rohmadi	Metode Algoritma Naïve Bayes	Tingkat kesalahan dalam penelitian adalah 1,04 meter sampai dengan 1,16 meter	Level sinyal mengalami pelemahan karena propagansi bersifat Non-Line of Sight (NLOS) dan didominasi peristiwa refleksi dan difraksi.	2017, [10]
7	Implementasi Sistem Notifikasi untuk Pengawasan Pasien Alzheimer Berbasis Bluetooth Low Energy (BLE)	Aries Pratiarso, Trisna Agung Mahendra, Mike Yuliana, Prima Kristalina, Gede Puja Astawa, Arifin	Metode Kalman Filter	Tingkat keberhasilan notifikasi yang terkirim mencapai 90% dengan menggunakan metode Kalman	Masih sebatas pada ruang rawat pasien sehingga ketika pasien sudah keluar dan terjadi kegagalan dalam mengirim notifikasi, maka pasien susah diketahui keberadaannya	2018, [11]
8	Aplikasi Mobile Pemetaan Pengunjung Museum Trowulan Berbasis Bluetooth Indoor Positioning System Menggunakan Metode Trilateration	Jonathan Kurnia Anggita, Andreas Handoyo, Resmana Lim	Metode Trilateration	Mampu memberikan titik lokasi pengunjung dan memberikan notifikasi item terdekat	Kurang efektif pada ruangan yang terlalu besar karena akan menambah waktu pantulan sinyal beacon	2019, [12]
9	Mendeteksi Objek dengan Algoritma K-Nearest Neighbor Menggunakan Perangkat Bluetooth Low Energy	Kurnia Aditama, Dzata Farahiyah S. T, M. Sc	Metode Algoritma KNN	Mampu memberikan tingkat akurasi hingga 1,045814 meter		2018, [13]
10	Mendeteksi Objek Dengan Algoritma Naive Bayes Menggunakan Perangkat Bluetooth	Rifky Mukti Ramadhoni, Dzata Farahiyah Jurusan	Metode Algoritma Naïve Bayes	Mampu menentukan estimasi posisi objek dengan baik	Belum mampu menentukan akurasi dari koordinat objek.	2017, [14]
11	Sistem Monitoring Power Baterai Bluetooth Beacon Menggunakan Labview	Givy Devira Ramady	Menggunakan aplikasi Labview	Dapat mengetahui tingkat baterai pada perangkat beacon		2018, [15]

Dari hasil studi pustaka di atas, maka penulis akan melakukan penelitian penentuan lokasi pasien dengan menggunakan Algoritma *K-NN* dan *Trilateration* dimana algoritma *K-NN* sebagai pengelompokkan jarak terdekat dengan pemancar BLE dan metode *Trilateration* untuk menentukan koordinat dalam sebuah ruangan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dalam penelitian ini, penulis mencari beberapa referensi yang bisa digunakan sebagai acuan. Diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sistem Pengawasan Anak Pada Lingkungan Outdoor Menggunakan Itag Bluetooth[7]

Penelitian mengenai *Indoor Positioning System* (IPS) dilakukan dengan menggunakan iTag yang terdapat Bluetooth di dalamnya. Sistem IPS diterapkan sebagai sistem pengawasan anak dengan menggunakan perangkat mobile berbasis Android versi 4.3.

2. Implementation Of Bluetooth Low Energy Technology And Trilateration Method For Indoor Route Search[9]

Bluetooth Low Energy diimplementasikan sebagai penanda lokasi di dalam ruangan. Metode yang digunakan adalah Trilaterasi untuk penanda titik koordinat.

3. Pengembangan Penggunaan I-Beacon Pada Sistem Parkir Elektronik[4]

I-Beacon dari BLE dimanfaatkan sebagai sistem parkir elektronik. Metode ini mendeteksi *beacon* dari bluetooth reader yang menggunakan raspberry pi saat melewati gate tempat parkir.

4. Mendeteksi Objek Dengan Algoritma Naive Bayes Menggunakan Perangkat Bluetooth[14]

metode K-NN dalam mendeteksi objek pada ruangan dengan halangan seperti tembok mampu menghasilkan tingkat akurasi 1.045814 meter.

2.2 Landasan Teori

Selain kajian pustaka, penulis menggunakan beberapa landasan teori yang berhubungan dengan penelitian ini. Diantaranya adalah:

2.2.1. Bluetooth Low Energy (BLE)

Bluetooth merupakan teknologi komunikasi *nirkabel* berbasis radio dengan frekuensi 2,4 GHz yang menggunakan sebuah frekuensi hopping

transceiver yang mampu menyediakan komunikasi data secara *real time* antara *host to host*[16].

Bluetooth Low Energy atau yang sering disebut BLE merupakan protokol komunikasi antar perangkat hemat daya dengan jangkauan konektivitas luas serta transfer data yang lebih kecil[17]. Bluetooth 4.0 Low Energy didesain secara khusus untuk keperluan Internet of Things (IoT) dengan peningkatan waktu scanning yang lebih rendah dan penggunaan daya yang lebih rendah[18]. Cara kerja *Beacon BLE* mengirimkan data *advertisement* secara konstan. Salah Satu data yang dikirimkan berupa *Receive Signal Strength Indicator (RSSI)* berupa indikator kuat sinyal yang diterima terhadap *beacon* dengan rentang nilai -0 sampai -100[19].

2.2.2. RSSI

Receive Signal Strength Indicator merupakan daya yang diterima (P_{RX}) yang bisa dianggap sebagai fungsi jarak pemancar ke penerima dengan kenaikan beberapa pangkat[20]. Pada kondisi yang ideal (sedikit gangguan sinyal, 1 beacon per $30m^2$) mampu mendeteksi jarak dengan tingkat akurasi sebesar 90% pada jarak kurang dari 2,5 meter[18]. Berdasarkan penelitian dari Willy Dharmawan dkk mengenai peningkatan akurasi estimasi jarak RSSI, Bluetooth Low Energi mampu mendeteksi jarak dengan baik pada jarak 1 – 5 meter[21]. Nilai RSSI dapat dihitung dengan persamaan (2.1) [20]:

$$RSSI = 10 \times \log\left(\frac{P_{RX}}{P_{ref}}\right) \quad (2.1)$$

Keterangan :

RSSI = Perbandingan kuat sinyal yang diterima terhadap kuat sinyal referensi (meter)

P_{RX} = Daya yang diterima pada *receiver* (Watt)

P_{ref} = Daya yang diterima pada jarak referensi (Watt)

Dimaan kuat sinyal yang diterima P_{RX} diubah dalam bentuk RSSI dengan didefinisikan sebagai rasio daya yang diterima terhadap referensi daya P_{ref} (d_0). Sedangkan P_{RX} memiliki nilai seperti persamaan (2.2)[20]

$$P_{RX} = P_{TX} \times G_{TX} \times G_{RX} \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^n \quad (2.2)$$

Keterangan :

- P_{RX} = Daya yang diterima pada *receiver* (Watt)
- P_{TX} = Daya yang dikirim oleh *transmitter* (Watt)
- G_{TX} = Gain *transmitter* (Watt)
- G_{RX} = Gain *receiver* (Watt)
- λ = Panjang gelombang (Meter)
- d = Jarak *transmitter* dan *receiver* (Meter)
- n = *Path loss exponent*

Dengan melakukan substitusi pada persamaan (2.1) dan persamaan (2.2) maka diperoleh persamaan baru (2.3)[20] :

$$RSSI = 10n \times \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (2.3)$$

Keterangan:

- d_0 = Jarak acuan = 1 meter
- d = Jarak pengukuran (Meter)
- RSSI = Daya yang diterima pada jarak d (dB)
- n = *Path loss exponent*

Pada Tabel 2.1 merupakan acuan *Exponent Path Loss* (n) pada suatu lingkungan[22].

Tabel 2. 1 Path loss Exponent (PLE) untuk lingkungan berbeda[22]

<i>Environment</i>	<i>Path Loss Exponent, n</i>
<i>Free space</i>	2
<i>Urban area celluler radio</i>	2.7 to 3.5
<i>Shadowed urba celluler radio</i>	3 to 5
<i>In building Line-of-sight</i>	1.6 to 1.8
<i>Obstructed in building</i>	4 to 6
<i>Obstructed in factories</i>	2 to 3

Setelah mendapatkan nilai PLE, maka jarak estimasi bisa dicari dengan persamaan (2.4) [23]:

$$d = d_0 10^{\frac{P_{R0} - RSSI}{10n}} \quad (2.4)$$

Keterangan:

- d_0 = Jarak acuan = 1 meter
- d = Jarak pengukuran(Meter)
- P_{R0} = Daya yang diterima pada jarak acuan 1 meter(dB)
- RSS = Daya yang diterima pada jarak d (dB)
- n = *Path loss exponent*

Contoh:

pada perangkat pemancar diletakkan pada ruangan disuatu perkotaan memiliki daya pancar -69dB pada jarak 1 meter (P_{R0}). Saat terdapat perangkat yang memancarkan sinyal beacon dengan nilai RSSI sebesar -70dB (RSSI). Dari data tersebut dapat dihitung jarak pemancar dengan perangkat dengan menggunakan Persamaan (2.4):

dengan menggunakan acuan tabel 2, letak perangkat ada di daerah perkotaan dengan nilai Path Loss Exponen 2,7 – 3,5

$$d = d_0 10^{\frac{P_{R0} - RSSI}{10n}}$$

$$d = 1 * 10^{\frac{-69 - (-70)}{10 * 3}}$$

$$d = 1 * 10^{\frac{-69 - (-70)}{10 * 3}}$$

$$d = 1,08 \text{ meter}$$

2.2.3. Algoritma KNN

K-NN atau K Nearest Neighbor adalah salah satu algoritma supervised learning dimana hasil dari instance yang baru diklasifikasikan berdasarkan mayoritas dari kategori K-tetangga terdekat dengan data baru tersebut dengan menggunakan jumlah data yang ganjil[24]. Penggunaan data ganjil dilakukan untuk menghindari munculnya data jumlah jarak yang sama dalam proses klasifikasi.

K-NN mengambil keputusan data D ke dalam kelas C menggunakan jarak *Euclidean* sebagai ukuran kedekatan sehingga D menjadi pusat *Hypersphere* dengan jari-jari *r* sama dengan jarak *Euclidean* tersebut. Jarak tetangga bisa dihitung berdasarkan jarak *Euclidean* dengan persamaan (2.5) dan (2.6) [24]:

$$d = \sqrt{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + \dots + (a_n - b_n)^2} \quad (2.5)$$

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i + b_i)^2} \quad (2.6)$$

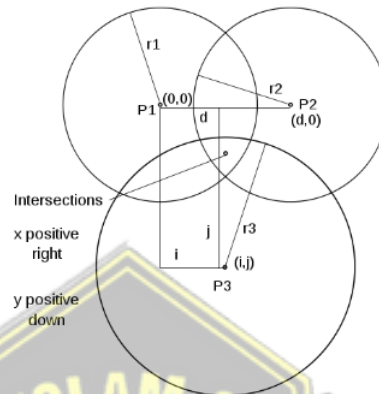
Keterangan:

- d = jarak Euclidean
- a = *Independent variable* data training
- b = *Independent variable* data uji

Klasifikasi K-NN dilakukan dengan mencari k-buah tetangga terdekat dan memilih kelas dengan K_i terbanyak pada kelas ω_i .

2.2.4. Trilateration

Trilateration merupakan sebuah algoritma untuk memprediksi posisi suatu titik dengan menggunakan minimal 3 buah pemancar sinyal yang sudah diketahui letaknya seperti pada gambar 2.1 [25].



Gambar 2.1 Konsep Trilateration[12]

Jarak pada bidang 3 dimensi, suatu titik dapat dicari pada perpotongan 3 bidang lingkaran seperti pada Gambar 2.1. Perhitungan titik lokasi dapat dihitung dengan persamaan (2.7) [26]:

$$d_i^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 \quad (2.7)$$

Dikarenakan koordinat yang digunakan adalah 2 dimensi maka persamaan yang didapatkan adalah persamaan (2.8) [20]:

$$d_i^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 \quad (2.8)$$

Sehingga dari persamaan (2.8), untuk mencari nilai (x, y) pada titik perpotongan 3 buah bidang lingkaran dapat menggunakan persamaan (2.9), (2.10), dan (2.11):

$$d_1^2 = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \quad (2.9)$$

$$d_2^2 = (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 \quad (2.10)$$

$$d_3^2 = (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 \quad (2.11)$$

Dengan melakukan substitusi dan eliminasi persamaan (2.9), (2.10), dan (2.11) maka didapatkan persamaan (2.12) [9]:

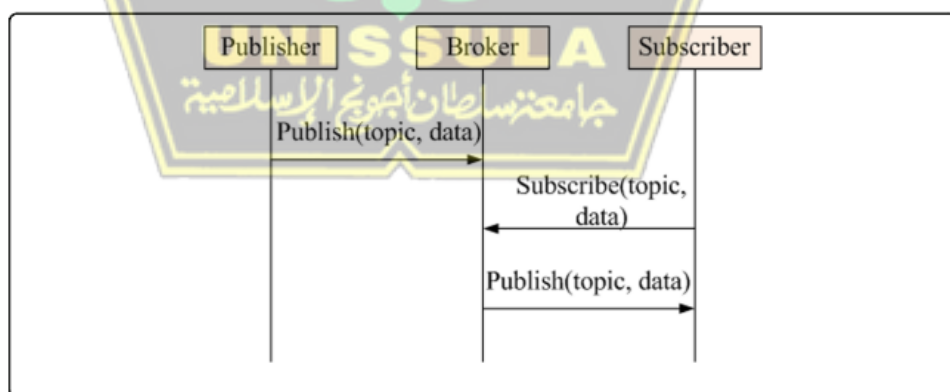
$$\begin{bmatrix} 2(-x_3) & 2(-y_3) \\ 2(x_2 - x_3) & 2(y_2 - y_3) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -x_3^2 - y_3^2 + r_3^2 - r_1^2 \\ x_2^2 - x_3^2 + y_2^2 - y_3^2 + r_3^2 - r_2^2 \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

Dimana nilai (x,y) adalah nilai estimasi dari titik koordinat yang dicari.

2.2.5. MQTT

Message Queue Telemetry Transport atau disingkat *MQTT* adalah salah satu protokol yang digunakan pada *IoT*. Protokol ini bersifat *Machine to Machine* atau M2M yang berada pada layer ke-7 yang bersifat *lightweight message*[27]. Sifat *lightweight* pada MQTT didasarkan pada pesan yang dikirim berukuran kecil yaitu sebesar 2 byte. Berdasarkan penelitian Zaverro B. A. dkk, delay MQTT terhadap monitoring perangkat *IoT* sebesar 0.008634 detik [27] sehingga memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai protokol komunikasi realtime.

Protokol MQTT memiliki konsep publish dan subscribe[28]. Seperti yang digambarkan pada Gambar 2.2, model MQTT terdiri dari 3 bagian yaitu Publisher, Subscriber dan Broker. Perangkat yang melakukan publish, disebut publisher. Setiap publisher akan mem-publish pesan pada suatu topik. Topik ini nantinya akan digunakan sebagai penanda subscriber atau alat yang melakukan subscribe untuk mendapatkan pesan yang sesuai dengan topik. Selain publisher dan subscriber, MQTT membutuhkan 1 bagian lagi yaitu broker. Broker bertugas sebagai perantara antara publisher dan subscriber yang digambarkan seperti pada gambar 2.2 [28].



Gambar 2.2 Model Publish/Subscribe MQTT[29]

2.2.6. Sistem Database MySQL

Database merupakan sekumpulan data yang disimpan secara sistematis di dalam computer yang dapat diolah dan dimanipulasi menggunakan perangkat

lunak atau aplikasi dengan hasil akhir berupa informasi. Dilihat dari struktur, database bisa dibagi menjadi 2 yaitu database flat dan database relasional[30].

MySQL merupakan database dengan struktur relasional. Terdiri dari table-table yang berisi data yang setiap tabelnya dapat berelasi dengan table yang lain. Database MySQL memiliki kelebihan yaitu tidak membutuhkan *resource* yang besar tetapi kemampuan keamanannya bisa diandalkan[31].

2.2.7. Server

Arsitektur komputer terdiri dari 3 jenis diantaranya adalah arsitektur server-based, arsitektur client-based, arsitektur client-server dan client-server tiers[32]. Pada penelitian ini, penulis menggunakan arsitektur client-server dimana alat monitoring lokasi pasien merupakan client dan server bertugas untuk mengolah data.

Dalam model *client-server*, sebuah aplikasi dibagi menjadi 2 yaitu sisi client dan sisi server[33]. Pada sisi server bertugas untuk memproses sebuah *request* yang dikirimkan *client*. Sedangkan pada sisi client, memiliki fungsi untuk melakukan request dan menampilkan informasi hasil dari pengolahan di sisi *server*.

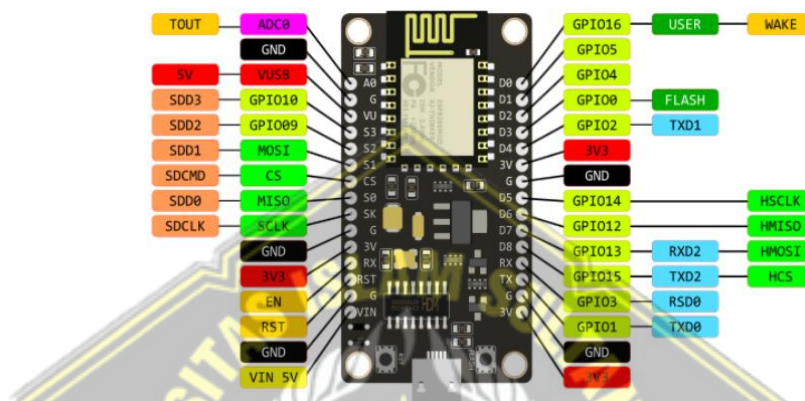
Untuk menjalankan sebuah program PHP dan program pendukung lainnya diperlukan sebuah server untuk memproses script tersebut. Server sendiri adalah sebuah sistem komputer yang menyediakan jenis layanan tertentu dalam sebuah jaringan komputer. Ada beberapa jenis server yang akan digunakan pada penelitian ini, diantaranya:

- a. Database Server
- b. *MQTT* Server

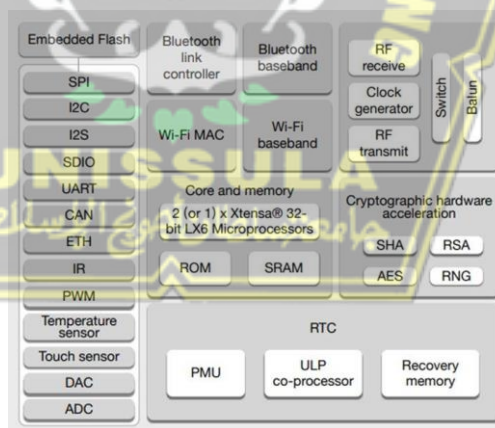
Server pada umumnya seperti komputer yang digunakan sehari-hari. Server memiliki komponen yang sama dengan komputer biasa seperti *Motherboard*, *Processor*, *RAM*, serta alat pendukung komputer lainnya. Selain itu server juga harus terinstal sebuah sistem operasi khusus untuk server.

2.2.8. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang memiliki kelebihan yaitu sudah terintegrasi dengan WIFI 2.4 GHz dan *Bluetooth BLE* yang serta konsumsi daya rendah. Dari kelebihan tersebut, maka ESP32 cocok untuk diterapkan sebagai alat pendukung IoT. Gambar 2.3 merupakan bagan dari ESP32 beserta Pin Out yang bisa digunakan.



Gambar 2.3 Mikrokontroler ESP32[34]



Gambar 2.4 Diagram Block ESP32[34]

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.4, ESP32 memiliki chipset yang terdiri dari microprocessor Xtensa 32bit, Cryptographic hardware acceleration, DAC, ADC, UART, CAN, SPI, dan I2C[35]. Selain itu, ESP32 memiliki ROM sebesar 128KB dan SRAM 416K serta flash memory 64MB[34].

2.2.9. Smart Band

Smartband merupakan salah satu perangkat gelang pintar yang digunakan untuk membantu penggunanya dalam hal tertentu. Selain bisa menunjukkan waktu, pada umumnya Smartband digunakan untuk memonitoring aktifitas pengguna. Berbagai macam fitur disematkan ke dalam Smartband untuk membantu mempermudah penggunanya. Contoh fitur yang dimasukkan ke dalam Smartband diantaranya adalah pengukur langkah kaki, pengukur detak jantung dan kadar oksigen[36].



Gambar 2.5 *Smartband*
(Sumber: inet.detik.com)

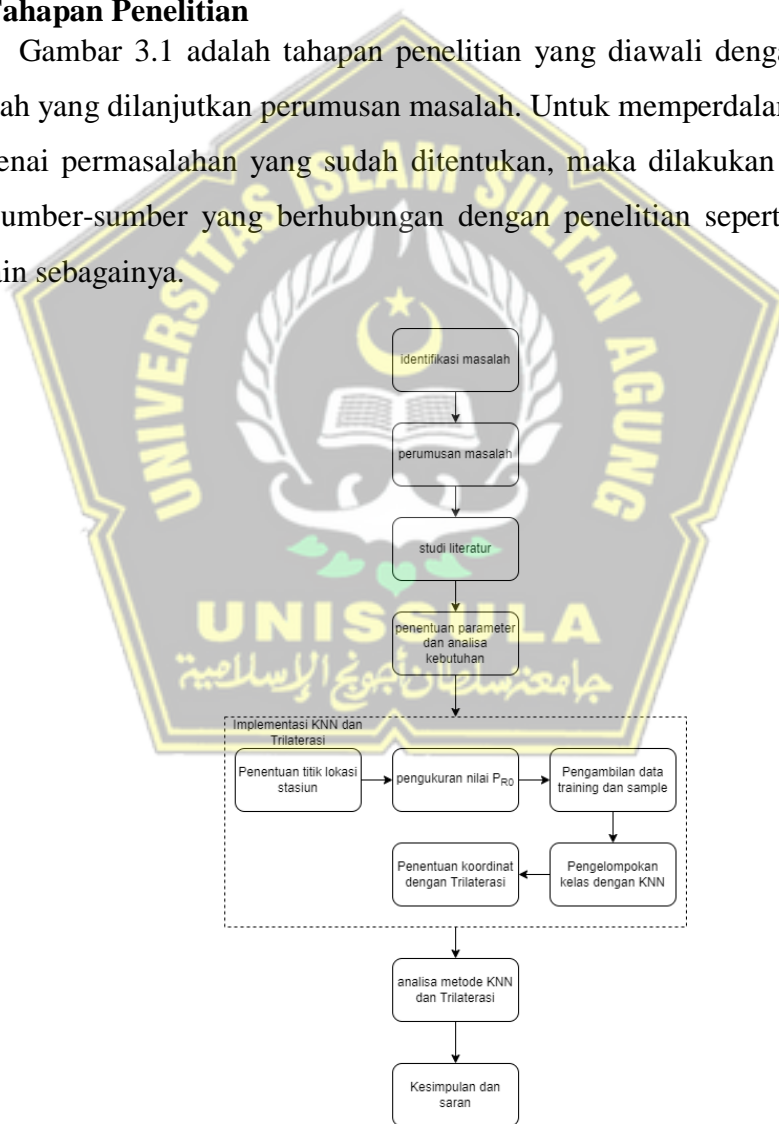
Gambar 2.5 merupakan salah satu contoh dari *Smartband*. Perangkat ini juga bisa dipairing dengan *Smartphone* yang sudah terinstal aplikasi pendukung. Komunikasi antara *Smartband* dengan *Smartphone* umumnya menggunakan koneksi Bluetooth.

BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada karya ilmiah ini adalah metode konstruktif dengan membangun dan pengujian secara realtime. Tujuan penelitian ini adalah mengukur hasil monitoring lokasi pasien dengan menggunakan Bluetooth Low Energy dengan menggunakan algoritma K-NN dan Trilaterasi.

3.1 Tahapan Penelitian

Gambar 3.1 adalah tahapan penelitian yang diawali dengan identifikasi masalah yang dilanjutkan perumusan masalah. Untuk memperdalam pemahaman mengenai permasalahan yang sudah ditentukan, maka dilakukan studi literatur dari sumber-sumber yang berhubungan dengan penelitian seperti jurnal, buku dan lain sebagainya.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

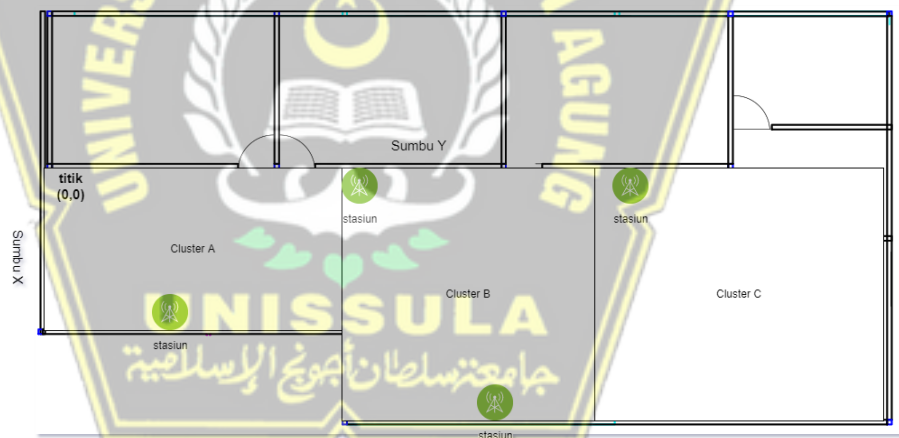
Setelah memahami dan memperdalam teori yang berhubungan dengan permasalahan/topik yang diambil, ditentukan parameter-parameter apa saja yang akan digunakan agar pada saat penelitian tidak mengalami kesulitan dan variable tidak melebar sehingga bisa diselesaikan. Dari variable-variabel yang sudah ditentukan, maka bisa diketahui apa saja kebutuhan yang diperlukan. Kebutuhan tersebut bisa berupa alat dan bahan pendukung dalam penelitian.

3.2 Model Penelitian

Langkah selanjutnya adalah desain sistem yang sesuai dengan parameter yang sudah ditentukan. Desain sistem meliputi:

3.2.1 Penentuan titik lokasi stasiun dan clustering

Pertama kali yang dilakukan adalah menentukan lokasi stasiun yang akan digunakan sebagai penerima sinyal RSSI bluetooth. penentuan titik lokasi stasiun dan cluster seperti pada Gambar 3.2.



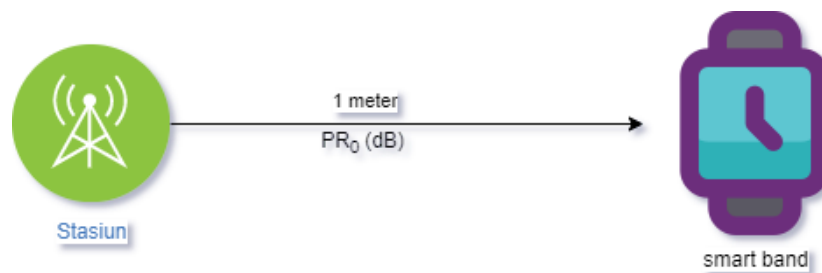
Gambar 3.2 Denah penentuan titik lokasi stasiun dan cluster

Selain menentukan titik lokasi stasiun dan cluster, ditentukan juga sumbu X dan sumbu Y sebagai acuan untuk koordinat suatu titik dengan satuan meter. Jarak antar stasiun tidak lebih dari 6 meter.

3.2.2 Pengukuran nilai PR_0

Setelah menentukan titik stasiun yang akan diletakkan, maka Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai PR_0 . Caranya adalah dengan meletakkan

stasiun dan gelang pintar dengan jarak 1 meter seperti pada Gambar 3.3. Hal ini dilakukan untuk menentukan nilai RSSI dalam jarak 1 meter.



Gambar 3.3 Penentuan nilai P_{R0}

3.2.3 Pengambilan data latih dan data uji

Untuk dapat menentukan kelas suatu objek dengan menggunakan metode KNN, maka diperlukan pengambilan data latih. Data latih yang diambil berupa koordinat data latih dan nilai RSSI yang diterima pada masing-masing stasiun serta kelompok dari data latih. Setelah pengambilan data latih, selanjutnya adalah pengambilan data uji. Untuk data uji, data yang diambil adalah sama dengan data latih yang nantinya akan di bandingkan antara data sebenarnya dengan hasil perhitungan. Data latih dan data uji diambil secara acak.

3.2.4 Pengelompokan kelas data uji

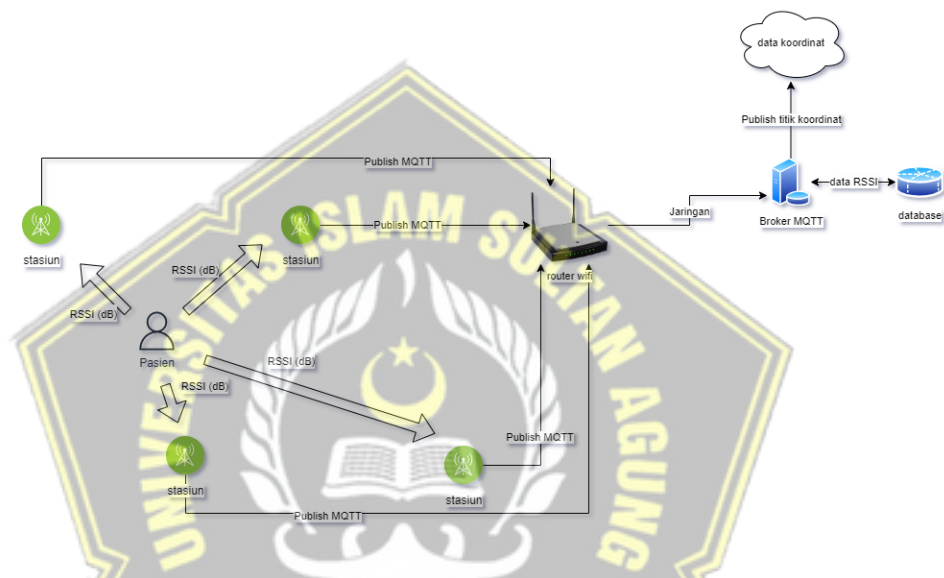
Setelah pengambilan data latih dan data uji, dilakukan perhitungan dengan metode KNN untuk menentukan data uji masuk ke dalam kelompok mana. Perhitungan menggunakan Persamaan(2.6) dengan nilai $K = 3$ dan $n = 4$. Nilai K merupakan nilai untuk menentukan kelompok pada sebuah data uji dengan mengambil 3 jarak Euclidean terdekat. Untuk n merupakan jumlah stasiun yang digunakan.

3.2.5 Penentuan titik koordinat

Setelah kelompok data uji diketahui, selanjutnya adalah menghitung koordinat dengan menggunakan metode trilaterasi. Perhitungan titik koordinat berdasarkan pada koordinat data latih terdekat pada kelompok yang sama dengan data uji sebanyak 3 titik. Dari perhitungan tersebut akan diketahui perkiraan koordinat dari data uji tersebut.

3.3 Design Sistem

Desain sistem yang akan dirancang seperti pada Gambar 3.4. Pertama, stasiun akan melakukan scanning terhadap perangkat BLE di sekitar gedung yang kemudian mendapatkan *feedback* berupa nilai RSSI dalam satuan dB dan alamat *mac address* perangkat. Setelah mendapatkan data perangkat, selanjutnya stasiun akan mengirimkan data ke server MQTT dengan melakukan publish data dengan topik “ble_device”.



Gambar 3.4 Desain sistem

Setelah data terkirim ke server, maka data akan disimpan ke dalam tabel `ble_temporary`. Pada Gambar 3.5 merupakan struktur tabel `ble_temporary` yang berisi data *mac address*, RSSI, stasiun dan waktu dari data tersebut.

ble temporary	
id	bigint(20)
mac	char(20)
rss	int(11)
station	char(20)
created_at	timestamp

Gambar 3.5 Struktur table `ble_temporary`

Dari tabel `ble_temporary`, akan diambil data berdasarkan *mac address* perangkat dan stasiun dengan rentang waktu 20 detik. Hal ini dilakukan karena pada saat stasiun mengirimkan data, waktu pengiriman tidak secara bersamaan

sehingga perlu jeda waktu untuk pengambilan data. Setelah data terkirim ke server, maka data akan disimpan ke dalam tabel `ble_temporary`.

Dari rentang waktu 20 detik akan dilakukan pengurutan waktu terbaru diambil sebanyak masing-masing 1 data RSSI di setiap stasiun dengan `mac address` yang sama. Dari data tersebut akan dilakukan penentuan kelas dengan menggunakan metode KNN. Setelah kelas ditemukan, selanjutnya sistem akan menghitung titik koordinat berdasarkan pada 3 koordinat data training dengan kelas yang sama dan terdekat. Setelah ditemukan, titik koordinat akan dipublish melalui server MQTT.

3.4 Perancangan *Hardware*

Hardware yang diperlukan pada penelitian ini diantaranya adalah:

3.4.1. Stasiun ESP32

Stasiun ESP 32 berfungsi sebagai penerima sinyal RSSI dari perangkat BLE dan akan dikirim ke server. Gambar 3.6 merupakan wiring diagram untuk ESP32.



Gambar 3.6 Wiring diagram ESP32

3.4.2. Server MQTT

Server MQTT atau MQTT Broker digunakan untuk membantu proses penerimaan data. Untuk dapat menggunakan MQTT, komputer yang digunakan sebagai server perlu dilakukan penginstalan perangkat lunak *Mosquitto MQTT*. Mosquitto MQTT merupakan salah satu perangkat lunak *MQTT broker* yang mampu menerima 4000 *publisher* dalam satu waktu[37]. Data yang dikirimkan berupa nilai RSSI, `mac address` dan stasiun yang dideteksi secara realtime yang selanjutnya akan dikirim ke server dan disimpan dalam database sementara untuk proses perhitungan jarak atau titik lokasi perangkat.

3.4.3. Server Database

Server database digunakan untuk menyimpan data pasien dan data temporary yang dikirim setiap node yang selanjutnya akan diproses oleh system untuk penentuan titik lokasi. Perangkat lunak yang digunakan adalah XAMPP. Engine database yang digunakan adalah MySQL.

3.5 Alat dan bahan

Perangkat pendukung yang dipakai dalam pembuatan prototype ini diantaranya adalah:

- a. Mikrokontroler ESP32
- b. Smartband
- c. Jaringan wireless dan server yang saling terhubung.
- d. Software Visual Studio Code
- e. XAMPP database server
- f. Mosquitto MQTT Server
- g. Laptop dengan spesifikasi :
 - Prosesor AMD Ryzen 3 3200U
 - Ram DDR4 8GB
 - SSD 120GB
 - Sistem Operasi Windows 10

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas tentang analisa dan hasil pengujian deteksi lokasi dengan metode Trilateration dan K-NN pada suatu ruangan dengan ketentuan yang sudah dijelaskan pada metode pengujian.

4.1. Pemasangan Stasiun

Gambar 4.1 adalah salah satu stasiun yang sudah dibuat dan dipasang pada titik lokasi yang sudah ditentukan di dalam ruangan.



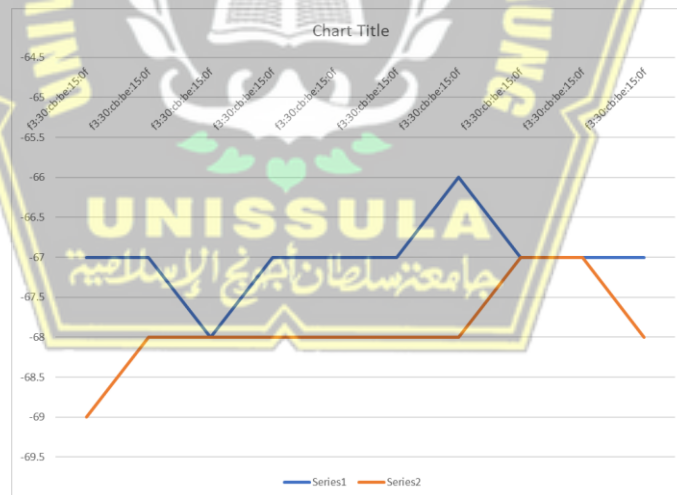
Gambar 4.1 Pemasangan stasiun pada titik yang sudah ditentukan

4.2. Menghitung nilai P_{R0}

P_{R0} atau daya yang diterima oleh pemancar terhadap gelang pintar dalam satuan (dB) pada jarak 1 meter. P_{R0} merupakan nilai yang diperlukan dalam mencari nilai jarak dari suatu pemancar terhadap benda yang memancarkan sinyal *Bluetooth* sehingga sebelum pengujian harus ditentukan. Untuk menentukan nilai P_{R0} menggunakan ESP32 penerima dan gelang pintar sebagai pemancar. Pada Tabel 4.1 adalah tabel hasil dari pengukuran nilai P_{R0} dengan jarak antar pemancar dan penerima 1 meter.

Tabel 4. 1 Hasil pengukuran nilai PR0 tanpa antenna

No	Mac Gelang Pintar	Nilai dB	
		7C:9E:BD:47:6A:30	24:0A:C4:30:D7:E4
1	f3:30:cb:be:15:0f	-67	-69
2	f3:30:cb:be:15:0f	-67	-68
3	f3:30:cb:be:15:0f	-68	-68
4	f3:30:cb:be:15:0f	-67	-68
5	f3:30:cb:be:15:0f	-67	-68
6	f3:30:cb:be:15:0f	-67	-68
7	f3:30:cb:be:15:0f	-66	-68
8	f3:30:cb:be:15:0f	-67	-67
9	f3:30:cb:be:15:0f	-67	-67
10	f3:30:cb:be:15:0f	-67	-68
Rata-rata		-67	-67.9

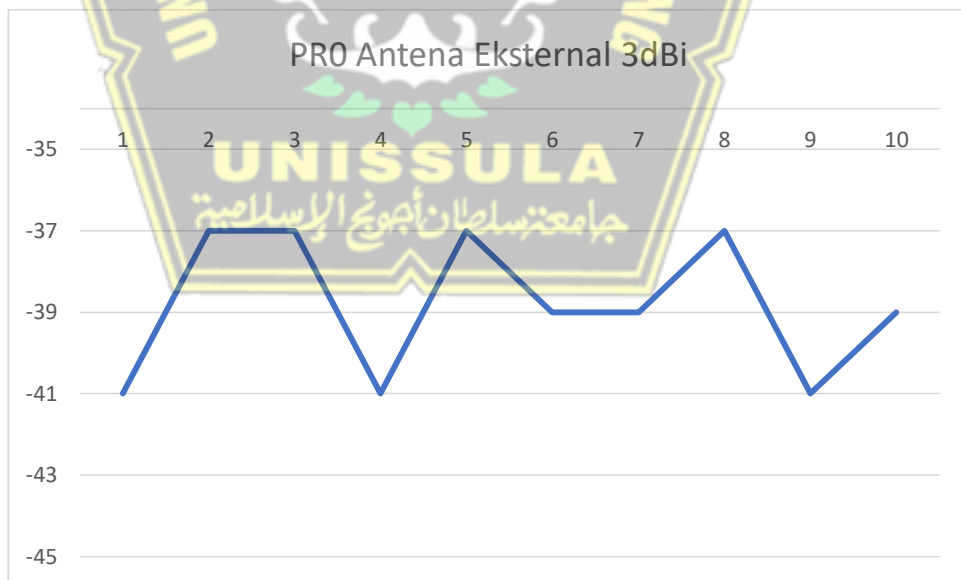


Gambar 4.2 Grafik hasil pengukuran nilai P_{R0} dengan antenna internal

Gambar 4.2 merupakan grafik yang dihasil dari nilai RSSI yang diterima stasiun. Dari hasil pengukuran pada Tabel 4.1, jika diambil nilai rata-rata maka akan mendapatkan nilai rata-rata P_{R0} = -67 dB untuk ESP32 dengan antenna internal.

Tabel 4. 2 hasil pengukuran nilai P_{R0} dengan antena external 5dB

No	Mac Gelang Pintar	Nilai dB
		7C:9E:BD:47:6A:30
1	f3:30:cb:be:15:0f	-41
2	f3:30:cb:be:15:0f	-37
3	f3:30:cb:be:15:0f	-37
4	f3:30:cb:be:15:0f	-41
5	f3:30:cb:be:15:0f	-37
6	f3:30:cb:be:15:0f	-39
7	f3:30:cb:be:15:0f	-39
8	f3:30:cb:be:15:0f	-37
9	f3:30:cb:be:15:0f	-41
10	f3:30:cb:be:15:0f	-39
Rata-rata		-38.8



Gambar 4.3 Grafik hasil pengukuran nilai P_{R0} dengan antena external 3dB

Dari hasil pengukuran Tabel 4.2, jika diambil nilai rata-rata maka akan mendapatkan nilai rata-rata $P_{R0} = -38.8$ dB untuk ESP dengan antena

eksternal 3dBi. Gambar 4.3 merupakan grafik hasil perhitungan PRO dengan menggunakan ESP32 antenna eksternal 3dBi.

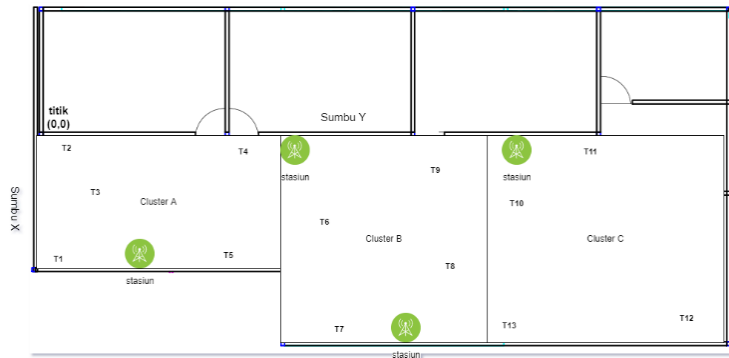
Dengan melihat hasil pengukuran dengan menggunakan antenna internal dan antenna eksternal, hasil dengan menggunakan antenna internal lebih stabil dari hasil pengukuran dengan antenna eksternal.

4.3. Pegambilan Data Latih dan Data Uji

Agar bisa menggunakan metode K-NN, perlu diambil data latih dan data uji. Table 4.3 merupakan data latih yang sudah diambil. Data latih diambil secara acak pada masing-masing kelas. Data latih diambil sebanyak 13 kali dengan pengambilan data koordinat (X, Y) dan nilai RSSI yang diterima di setiap stasiun ST1, ST2, ST3 dan ST4 serta kelas dari data latih.

Tabel 4. 3 Pengambilan data training KNN

Data Training	RSSI (dB)				Kelas	Koordinat (meter)	
	ST1	ST2	ST3	ST4		X	Y
1	-61	-72	-80	-78	A	2,4	0
2	-60	-72	-90	-82	A	0	1,2
3	-60	-73	-77	-73	A	3	1,6
4	-74	-61	-80	-75	A	0,67	6,2
5	-69	-70	-71	-68	A	2,76	6,2
6	-70	-67	-64	-71	B	3	8,8
7	-81	-67	-68	-81	B	4,8	7,1
8	-75	-65	-61	-70	B	4,25	11,2
9	-71	-64	-83	-66	B	1,2	11,2
10	-72	-73	-83	-64	C	1,8	13,2
11	-73	-76	-71	-70	C	1,2	15
12	-89	-77	-69	-74	C	3,2	17,4
13	-86	-84	-81	-80	C	4	14,4



Gambar 4.4 Titik data latih yang diambil

Pada Gambar 4.4 merupakan titik yang diambil untuk data latih. Pengambilan data latih dan data uji menggunakan alat ukur berupa *Laser Distance Meter* seperti pada Gambar 4.5.

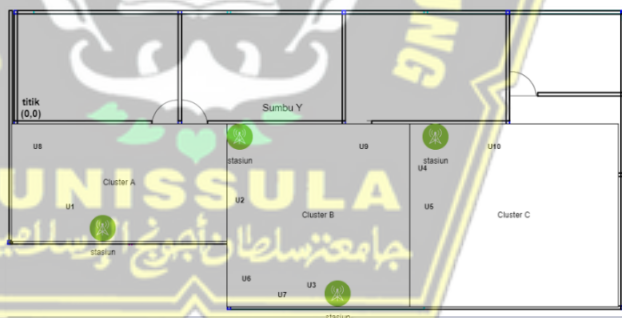


Gambar 4.5 Pengukuran koordinat dengan alat ukur *Laser Distance Meter*

Tabel 4. 4 Data sample pengujian

Data Uji	RSSI (dB)				Kelas	Koordinat Sebenarnya	
	ST1	ST2	ST3	ST4		X	Y
1	-69	-74	-77	-79	A	2.3	4
2	-69	-65	-67	-77	B	2.6	8.5
3	-66	-76	-53	-73	B	4.6	9.6
4	-87	-70	-72	-64	C	1.1	10.2
5	-80	-68	-77	-60	C	2.7	13.6
6	-87	-69	-72	-64	B	3.4	8
7	-72	-70	-71	-80	B	5.06	11.59
8	-67	-68	-88	-85	A	1.55	0.9
9	-65	-70	-65	-70	B	0.65	10
10	-76	-83	-76	-61	C	1	14.5

Tabel 4.4 merupakan data uji yang diambil untuk dihitung titik koordinatnya. Pada Gambar 4.6 menunjukkan koordinat sebenarnya pada data uji.



Gambar 4.6 Titik data uji yang diambil

4.4. Pengelompokan dengan K-NN

Pada bagian ini, dilakukan perhitungan jarak Euclidean dan penentuan kelas terhadap data uji yang sudah diambil.

Tabel 4. 5 Perhitungan jarak Euclidean dan penentuan cluster

Data Training	Euclidean										Kelas latih
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
1	8.83	16.82	28.20	30.66	26.65	30.74	14.49	12.85	17.58	25.51	A
2	16.22	26.15	38.76	37.16	32.70	37.23	22.65	8.83	28.25	31.84	A

3	10.86	16.16	24.92	29.05	24.37	29.17	15.43	18.41	13.67	22.38	A
4	14.80	14.63	31.97	20.86	17.86	20.45	13.82	16.19	20.30	26.46	A
5	13.15	11.05	19.85	18.47	15.00	18.49	12.37	24.21	7.48	17.09	A
6	16.82	7.07	14.90	20.27	19.77	20.15	11.96	27.96	6.00	23.15	B
7	16.67	12.85	24.39	18.71	22.89	18.57	10.00	24.76	19.87	27.29	B
8	21.31	11.00	16.58	18.06	19.75	17.80	15.30	32.05	11.87	25.12	B
9	17.58	19.54	33.44	20.42	13.00	20.15	19.42	20.45	20.30	21.45	B
10	16.46	22.32	32.03	18.84	11.87	19.03	20.22	22.72	20.45	13.19	C
11	11.70	14.21	19.54	16.40	15.78	16.79	11.70	24.78	11.66	12.81	C
12	22.32	23.60	28.05	12.73	20.54	13.30	19.44	32.36	25.63	20.57	C
13	20.15	29.24	36.01	23.11	26.61	23.73	22.18	26.29	31.51	22.07	C
Kelas perkiraan	A	B	B	C	C	C	B	A	Error	C	

Tabel 4.5 Hasil perhitungan jarak Euclidean dengan menggunakan Persamaan (2.6) terhadap data sampel S_i dari tabel 4.4. Dari hasil penentuan kelas dengan menggunakan metode KNN dan nilai K-3, persentase kesalahan yang dihasilkan adalah:

$$Error = \frac{\text{kesalahan}}{\text{jumlah sample}} * 100\%$$

$$Error = \frac{2}{10} * 100\%$$

$$Error = 20\%$$

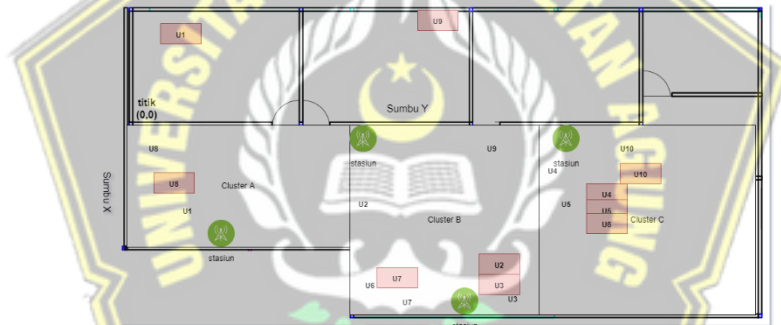
4.5. Perhitungan dengan Trilateration

Tabel 4. 6 Hasil perhitungan koordinat

Data Uji	Koordinat Sebenarnya (Meter)		Perkiraan koordinat (Meter)		Jarak Euclidean (Meter)
	X	Y	X	Y	d
1	2.3	4	-4.54	3.51	6.86
2	2.6	8.5	5.11	9.23	2.61
3	4.6	9.6	5.11	9.23	0.63
4	1.1	10.2	3.8	14.87	5.39

5	2.7	13.6	3.8	14.87	1.68
6	3.4	8	3.8	14.87	6.88
7	5.06	11.59	5.11	9.23	2.36
8	1.55	0.9	2.6	3.4	2.71
9	0.65	10	-9.21	8.62	9.96
10	1	14.5	3.8	14.87	2.82
Rata-rata eror					4.19

Dari table 4.6 telah diketahui hasil perhitungan titik koordinat dari perangkat BLE dengan menggunakan metode trilaterasi berupa nilai (X, Y) dalam satuan meter berdasarkan hasil pengelompokan metode KNN. Hasil menunjukkan bahwa selisih jarak rata-rata sebesar 4.19 meter dari titik lokasi yang sebenarnya.



Gambar 4.7 Koordinat hasil perhitungan data uji

Gambar 4.7 merupakan perbandingan koordinat sebenarnya data uji dengan koordinat hasil perhitungan yang ditandai dengan kotak warna merah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengukuran yang telah dilakukan dengan metode K-NN dan triliterasi memiliki nilai kesalahan rata-rata sebesar 4.19 meter. Untuk pengelompokan cluster atau kelas memiliki nilai kesalahan sebesar 20%.
2. Scanning time Bluetooth LE memiliki peran penting dalam hasil akurasi jarak antar stasiun.
3. Nilai RSSI yang dihasil pada ESP32 yang menggunakan antenna internal dengan antenna eksternal memiliki nilai yang berbeda sehingga perlu penyesuaian jika menggunakan internal ataupun eksternal.

5.2. Saran

Selain itu, ada beberapa saran yang perlu diperhatikan dalam menggunakan ESP32, diantaranya:

1. ESP32 terkoneksi dengan server melalui jaringan WIFI sehingga ketika digunakan dalam jumlah banyak perlu diperhatikan kemampuan jumlah client yang bisa ditampung oleh Access point.
2. Perlu adanya peningkatan akurasi agar didapatkan sistem monitoring yang lebih baik.
3. Perlu dilakukan ujicoba dengan menggunakan perangkat BLE lebih dari 1 dan pada posisi berjalan.
4. Dikarenakan sistem yang didesain berupa API yang menghasilkan koordinat, maka perlu perancangan sistem antar muka agar pengguna bisa melihat titik lokasi pasien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Thakare and V. . Pawar, “Alzheimer disease detection and tracking of Alzheimer patient,” 2016.
- [2] M. I. KURNIAWAN, “Rancang Bangun Perangkat Lunak Gps Based Location Tracker Pada Platform Android Untuk Pelacakan Lokasi Sales Pt. Meliana ...,” *Univ. Dian Nuswantoro. Semarang*, pp. 0–1, 2016.
- [3] T. Nurhidayat, Harjono, Sugiarto, and T. Ginting, “Implementasi Teknologi IBeacon (Bloetooth Low Energi BLE) Di Politama,” 2018.
- [4] H. A. Darwito, H. Briantoro, and D. A. Berlinda, “Pengembangan Penggunaan I-Beacon Pada Sistem Parkir Elektronik,” vol. 01, no. 01, 2017.
- [5] R. J. Purba, “Prinsip Dalam Pelaksanaan Sasaran Keselamatan Pasien,” 2019, doi: 10.31219/osf.io/bpw4k.
- [6] Kemenkes, *1691/MENKES/PER/VII/2011*. 2011.
- [7] A. Y. Rizaldi, “Sistem Pengawasan Anak Pada Lingkungan Outdoor Menggunakan ITag Bluetooth,” vol. 3, no. 1, pp. 39–45, 2019.
- [8] E. Mulyana, F. Abdurahim, M. A. Ramdhani, and O. T. Kurahman, “Analisis dan Perancangan Arsitektur Sistem Aplikasi Layanan Informasi Lokasi Berbasis IoT,” *Prosiding-Seminar Nas. Tek. Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, pp. 243–252, 2019.
- [9] B. Rizaldi, D. S. Pambudi, and T. Bariyah, “Implementation of Bluetooth Low Energy Technology and Trilateration Method for Indoor Route Search,” pp. 57–67, 2020.
- [10] T. Nurhidayat, T. Ginting, and Y. E. Rohmadi, “J103 - Sensor Control Technology Applications Berbasis Bloetooth Low Energy (BLE) Untuk Mobile System Service Real Time,” pp. 268–273, 2017.

- [11] A. Pratiarso, T. A. Mahendra, M. Yuliana, P. Kristalina, I. G. P. Astawa, and A. Arifin, "Implementasi Sistem Notifikasi untuk Pengawasan Pasien Alzheimer Berbasis Bluetooth Low Energy (BLE)," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 7, no. 4, pp. 411–417, 2018, doi: 10.22146/jnteti.v7i4.459.
- [12] J. Kurnia Anggita, A. Handojo, and R. Lim, "Aplikasi Mobile Pemetaan Pengunjung Museum Trowulan Berbasis Bluetooth Indoor Positioning System Menggunakan Metode Trilateration," *Publication.Petra.Ac.Id*, 2019.
- [13] K. Aditama, "Mendeteksi Objek dengan Algoritma K-Nearest Neighbor Menggunakan Perangkat Bluetooth Low Energy," p. 36, 2018.
- [14] R. M. RAMADHONI, "Mendeteksi Objek Dengan Algoritma Naive Bayes Menggunakan Perangkat Bluetooth," 2017.
- [15] G. D. Ramady, "Sistem Monitoring Power Baterai Bluetooth Beacon Menggunakan Labview," *J. Online Sekol. Tinggi Teknol. Mandala*, vol. 13, no. 2, pp. 45–50, 2018.
- [16] F. Faizah, Suwito, L. S. Moonlight, and R. E. Primadi, "PENGENDALIAN DAN PEMANTAUAN PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI BLUETOOTH," vol. 6, no. 2, 2021.
- [17] M. F. Ramadhana, W. Kurniawan, M. Hannats, and H. Ichsan, "Sistem Monitoring Lahan Parkir berbasis Bluetooth Low Energy (BLE)," vol. 4, no. 8, pp. 2562–2568, 2020.
- [18] P. Van Den Ham, B. Bredeweg, and M. Raijmakers, "Analysing visitor flow using a bluetooth positioning system," *CEUR Workshop Proc.*, vol. 2491, pp. 2–3, 2019.
- [19] B. Rizaldi, D. S. Pambudi, and T. Bariyah, "Implementasi Teknologi Bluetooth Low Energy dan Metode Trilaterasi Untuk Pencarian Rute Indoor," *J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. 18, no. 2, pp. 57–67, 2020.

- [20] A. S. Putra, P. Kristalina, and A. Sudarsono, "Aplikasi Indoor Secured-Localization System Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel untuk Koordinasi Pasukan PMK pada Kondisi Darurat Kebakaran di dalam Gedung," *Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf. 2016*, pp. 22–30, 2016.
- [21] W. W. Dharmawan, A. Kurnianto, and A. Ar-Rasyiid, "Peningkatan Akurasi Estimasi Jarak Rssi dengan Model Log Normal Menggunakan Metode Kalman Filter pada Bluetooth Low Energy," *Pros. Semnastek*, no. November 2016, pp. 1–5, 2016.
- [22] O. N. Anthony and O. Obikwelu, "Characterization of Signal Attenuation using Pathloss Exponent in South-South Nigeria," *Int. J. Emerg. Trends Technol. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 100–104, 2014.
- [23] M. A. Amanaf, D. W. Brigitta, and R. D. Ainul, "Skema Penentuan Posisi Lingkungan Indoor untuk Aplikasi Monitoring Lokasi Dosen Berbasis Multilaterasi," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 3, p. 266, 2019, doi: 10.22146/jnteti.v8i3.522.
- [24] G. Harsemadi, M. Sudarma, and N. Pramaita, "Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor pada Perangkat Lunak Pengelompokan Musik untuk Menentukan Suasana Hati," vol. 16, no. April, 2017, doi: 10.31227/osf.io/nzk27.
- [25] A. Aryasena, "PERANCANGAN INDOOR LOCALIZATION MENGGUNAKAN BLUETOOTH UNTUK PELACAKAN POSISI BENDA DI DALAM RUANGAN," 2016.
- [26] F. R. Gideon *et al.*, "Sistem Estimasi Posisi dengan Metode Active Beacon Menggunakan Pemancar Zigbee," *J. Elektro Unika Atma Jaya*, pp. 123–128, 2015.
- [27] Z. B. Abilovani, W. Yahya, and F. A. Bakhtiar, "Implementasi Protokol MQTT Untuk Sistem Monitoring Perangkat IoT," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 12, pp. 7521–7527, 2018.

- [28] G. Gardašević *et al.*, “The IoT Architectural Framework, Design Issues and Application Domains,” *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 92, no. 1, pp. 127–148, 2017, doi: 10.1007/s11277-016-3842-3.
- [29] A. P. HariPriya and K. Kulothungan, “Secure-MQTT: an efficient fuzzy logic-based approach to detect DoS attack in MQTT protocol for internet of things,” *Eurasip J. Wirel. Commun. Netw.*, vol. 2019, no. 1, 2019, doi: 10.1186/s13638-019-1402-8.
- [30] W. Komputer, *Panduan Belajar MySQL Database Server*. 2010.
- [31] G. R. M. Putri, “Rancang Bangun Sistem Pengelolaan Data,” *J. TEKNOIF*, vol. 7, no. 2, pp. 80–88, 2019, doi: 10.21063/JTIF.2019.V7.2.
- [32] A. Dennis, B. H. Wixom, and D. Tegarden, *Systems Analysis & Design An Object-Oriented Approach with UML*. John Wiley & Sons, Inc, 2002.
- [33] R. Muzawi, R. -, and A. -, “Perancangan Aplikasi Berbasis Client Server dalam Mengupload File-File Ujian pada Laboratorium Komputer STMIK Amik Riau,” *SATIN - Sains dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 1, p. 10, 2017, doi: 10.33372/stn.v3i1.210.
- [34] A. Prafanto, E. Budiman, P. P. Widagdo, G. M. Putra, and R. Wardhana, “Pendeteksi Kehadiran menggunakan ESP32 untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis,” *JTT (Jurnal Teknol. Ter.)*, vol. 7, no. 1, p. 37, 2021, doi: 10.31884/jtt.v7i1.318.
- [35] D. A. Jatmiko and S. U. Prini, “Implementasi dan Uji Kinerja Algoritma Background Subtraction pada ESP32,” *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 8, no. 2, pp. 59–65, 2019, doi: 10.34010/komputika.v8i2.2194.
- [36] T. F. Fatoni, E. B. Setiawan, T. Informatika, U. K. Indonesia, and J. D. Bandung, “MENGUNAKAN SMARTBAND DAN ACCELEROMETER PADA ANDROID.”
- [37] P. Fehrenbach, “Messaging Queues in the IoT under pressure.”

