

**MENDETEKSI OBJEK DENGAN ALGORITMA *K-NEAREST NEIGHBOR*  
MENGUNAKAN PERANGKAT *BLUETOOTH LOW ENERGY***

**SKRIPSI**

untuk memenuhi salah satu persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S1



**Disusun oleh:**

**Kurnia Aditama**

**13524084**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta**

**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**MENDETEKSI OBJEK DENGAN ALGORITMA *K-NEAREST NEIGHBOR*  
MENGUNAKAN PERANGKAT *BLUETOOTH LOW ENERGY***

**TUGAS AKHIR**  
**ISLAM**  
Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh:

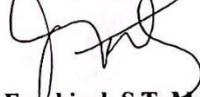
Kurnia Aditama

13524084

الجامعة الإسلامية  
الاستدراكية

Yogyakarta, 13 september 2018

Menyetujui,



Dzata Farahiyah S.T., M.Sc.

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**MENDETEKSI OBJEK DENGAN ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR  
MENGUNAKAN PERANGKAT *BLUETOOTH LOW ENERGY***

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**Kurnia Aditama**

**13524084**

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: **23 Oktober 2018**

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : **Dzata Farahiyah S.T, M.Sc.**

Anggota Penguji 1: **Tito Yuwono, ST, M.Sc.**

Anggota Penguji 2: **Alvin Sahroni, ST, M.Eng, Ph.D.**

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



**Amrulloh S.T, M.Sc., Ph.D.**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 15 Oktober 2018

  
  
Kurnia Aditama

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga laporan Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Tujuan penulisan laporan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat kelulusan pada pendidikan Strata Satu Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia, selain itu pembuatan laporan ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pembaca, peneliti selanjutnya.

Dalam penulisan laporan skripsi ini penulis menyadari bahwa selama pelaksanaan skripsi hingga penyusunan laporan ini tidak terlepas dari bimbingan, dorongan, dan bantuan baik material maupun spiritual dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. **Allah Subhanahu Wata'ala**, atas semua karunia dan nikmat yang tak henti-hentinya selalu membimbing gerak langkah saya sehingga saya dapat menyelesaikan laporan ini.
2. **Kedua Orang Tua dan Keluarga**, terima kasih atas doa, motivasi, dan dukungan untuk saya, baik moral maupun finansial yang selalu diberikan.
3. **Bapak Yusuf Aziz Amrulloh S.T, M.Sc., Ph.D**, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. **Bapak Medilla Kusriyanto S.T, M.Eng.**, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. **Ibu Dzata Farahiyah S.T, M.Sc.**, selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah membimbing dan mendampingi serta memberikan berbagai masukan dalam penulisan laporan ini.
6. **Seluruh dosen dilingkup jurusan Teknik Elektro** , yang telah memberikan bimbingan dan ilmunya kepada penulis.
7. **Teman-teman PASTEL 13**, yang selalu mendukung proses skripsi saya.

8. **Seluruh Mahasiswa TE13 UII**, yang selalu mendukung proses skripsi saya.
9. **Semua pihak** yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam penyelesaian laporan ini.

Dalam penulisan laporan ini penulis menyadari masih terdapat kekurangan, untuk itu penulis memohon maaf apabila dalam penulisan laporan skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan-kesalahan dikarenakan keterbatasan yang dimiliki penulis baik dari segi pengalaman maupun pengetahuan sehingga penulisan laporan kerja praktik ini masih jauh dari kata sempurna.

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

<b>Singkatan</b>	<b>Arti Singkatan</b>
<i>BLE</i>	<i>Bluetooth Low Energy</i>
<i>LOS</i>	<i>Line Of Sight</i>
<i>NLOS</i>	<i>Non Line Of Sight</i>
<i>M</i>	<i>meter</i>
<i>PAN</i>	<i>personal area network</i>
<i>GPS</i>	<i>Global Positioning System</i>
<i>IL</i>	<i>Indoor Localization</i>
<i>WLAN</i>	<i>Wireless Local Area Network</i>
<i>Wi-fi</i>	<i>Wireless fidelity</i>
<i>AP</i>	<i>Access Point</i>
<i>RSSI</i>	<i>Receive Signal Strength Indicator</i>
<i>UUID</i>	<i>Universally Unique Identifier</i>

## ABSTRAK

Teknologi telekomunikasi saat ini berkembang dengan sangat baik salah satu diantaranya adalah teknologi *Positioning System*. Selain itu banyak juga perkembangan infrastruktur gedung-gedung bertingkat yang memiliki banyak ruangan yang dapat menyulitkan pengunjung. Teknologi lokalisasi adalah contoh teknologi yang dapat mengatasi masalah tersebut. Yaitu teknologi *Indoor Localization* yang memiliki akurasi tinggi di dalam ruangan yang cocok di gunakan di suatu gedung. Teknologi *Indoor Localization* menggunakan *Bluetooth low energy* (BLE) sebagai *Access Point*. Permasalahan yang terjadi adalah ketika *BLE* diimplementasikan pada suatu ruangan yang memiliki penghalang seperti dinding yang tebal, Dimana hal ini akan mempengaruhi nilai *Receive Strength Indicator* (RSSI) menurun. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi di dalam ruangan Laboratorium Pemrograman FTI UII menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) serta melakukan pengukuran akurasi dari BLE. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai hasil akurasi sebesar 1.045814 meter.

Kata Kunci: *Indoor Localization, RSSI, BLE*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	vi
ABSTRAK .....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR .....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
1.5 Batasan Masalah .....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Studi Literatur .....	3
2.2 Tinjauan Teori.....	4
2.2.1 <i>Indoor Localization</i> .....	4
2.2.2 <i>Receive Signal Strength Indicator</i> .....	4
2.2.3 <i>Bluetooth Low Energy</i> .....	5
2.2.4 <i>Algoritma K-Nearest Neighbor</i> .....	5

BAB 3 METODOLOGI.....	7
3.1 Perencanaan Lokasi Penelitian dan Penentuan Lokasi <i>Acces Point</i> .....	8
3.2 Perancangan pengambilan data <i>training</i> .....	9
3.3 Pengambilan data uji.....	10
3.4 Perhitungan algoritma <i>K-Nearest Neighbor</i> .....	10
3.5 Perhitungan akurasi.....	10
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	12
4.1 Hasil pengambilan data <i>training</i> .....	12
4.2 Hasil pengujian .....	12
4.3 Hasil akurasi .....	15
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	17
5.1 Kesimpulan .....	17
5.2 Saran .....	17
DAFTAR PUSTAKA .....	18
LAMPIRAN .....	19

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	7
Gambar 3. 2 Lokasi Perencanaan Penelitian .....	8
Gambar 3. 3 Pembagian <i>Cluster</i> Ruang .....	9

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil Data <i>Training</i> .....	12
Tabel 4. 2 Hasil Data Pengujian.....	14
Tabel 4. 3 Hasil Akurasi.....	15

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan informasi dengan kualitas yang baik menjadi hal yang sangat penting. Perubahan teknologi komunikasi berdampak bagi kehidupan dalam masyarakat. Hal positif yang sangat nyata adalah pada bidang bisnis, pekerja, bahkan mahasiswa yang bergantung pada pertukaran informasi satu dengan yang lainnya. Banyak teknologi yang di kembangkan dan muncul pada saat ini, yang mendukung kemudahan pertukaran informasi, seperti internet, *mobile device*, *websites*, dan telepon rumah.

Tujuan utama dari komunikasi adalah untuk menukar informasi antara dua perantara. Informasi mengenai lokasi keberadaan seseorang atau objek adalah hal yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Teknologi yang utama yang banyak di gunakan saat ini untuk menunjukkan lokasi adalah *Global Positioning System (GPS)*. Tetapi GPS memiliki akurasi yang rendah ketika pengguna berada di dalam ruangan atau bangunan[1].

Teknologi yang sedang banyak di kembangkan saat ini adalah sistem *indoor localization* yang memanfaatkan *wireless sensor network* guna memperbaiki kualitas informasi pada ruangan, gedung atau wilayah. Teknologi ini menentukan lokasi dengan mempertimbangkan faktor ketinggian dari sebuah lokasi. *Indoor localization* adalah teknologi untuk menentukan koordinat sebuah objek yang bertempat di dalam ruangan atau gedung, dan mempunyai kemampuan untuk mendeteksi lokasi keberadaan pengguna di dalam ruangan maupun gedung dengan menggunakan data kekuatan sinyal Wi-Fi lalu ditangkap oleh *smartphone* pada ruangan atau gedung tersebut, Maka hasil yang didapatkan yaitu informasi lokasi pengguna. Konsep *indoor localization* banyak menggunakan teknologi *Wireless Local Area Network (WLAN)* karena WLAN hampir tersedia dimanapun dan dapat terintegrasi *smartphone* dengan mudah [2].

Dengan berkembangnya teknologi yang modern, *bluetooth* mengeluarkan produk terbarunya yaitu *bluetooth low energy (BLE)*. BLE menggunakan daya yang cukup kecil, untuk aplikasi indoor atau rumahan cocok dipakai, dimana teknologi ini hanya bisa digunakan untuk jarak yang relatif dekat yaitu sekitar 100 meter. Beacon adalah contoh salah satu alat yang menggunakan teknologi *bluetooth low energy (BLE)*. Beacon sendiri berfungsi sebagai penentu letak posisi dalam suatu ruangan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang di dapat pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana mendapatkan posisi suatu objek di dalam ruangan dengan algoritma K-NN (*K-Nearest Neighbor*) dengan metode *Indoor Localization* menggunakan *BLE* ?
2. Bagaimana tingkat akurasi posisi suatu objek (*smartphone*) di dalam Laboratorium Pemrograman FTI UII dengan algoritma K-NN menggunakan *bluetooth low energi* (BLE).

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mendapatkan posisi suatu objek dengan algoritma K-NN (*K-Nearest Neighbor*) dengan metode *Indoor Localization* menggunakan *Bluetooth Low Energy*.
2. Mendapatkan nilai akurasi pada objek.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu :

Mengetahui posisi objek di dalam ruangan dengan menggunakan *Bluetooth Low Energy* (BLE).

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Pengujian dilakukan untuk mendeteksi posisi objek (*smartphone*) menggunakan *Bluetooth Low Energy* (BLE) dalam kondisi *non line on sight* (NLOS).
2. Algoritma yang digunakan adalah algoritma K-NN.
3. Tempat lokasi yang di gunakan adalah laboratorium pemrograman FTI UII di dalam ruangan menggunakan *Bluetooth low energi* (BLE).

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Pada penulisan skripsi ini digunakan beberapa penelitian terdahulu sebagai kajian untuk mengetahui keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan untuk menghindari terjadinya duplikasi yang dilakukan oleh penulis. Adapun beberapa ulasan tentang penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan berkenaan dengan data dan metode yang digunakan adalah sebagai berikut.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Sutarti yang berjudul “ Deteksi lokasi objek dalam gedung berbasis IEEE 802.11 menggunakan metode K-NN “ dimana penelitian ini dilakukan di ruang dosen fakultas teknik, Lab. Dasar, Lab, ruang 306 lantai 2 dan 3, ruang 305, gedung B Universitas PGRI Yogyakarta. Kemudian penelitian ini di bagi ke dalam sel-sel yang mempunyai lebar 2m x 2m. yang bertujuan untuk membandingkan tingkat akurasi. Penelitian ini untuk mendeteksi objek di dalam gedung di perlukan berbagai perangkat keras dan lunak, diantaranya, pada perangkat keras yaitu *Access Point* yang di letakan di gedung B dan sekitarnya. Laptop Toshiba seri L51 yang di lengkapi dengan NIC berbasis IEEE 802.11g. lalu pada bagian perangkat lunak yaitu Netsurveyor guna untuk mengukur RSS (*Received Signal Strength*). Lalu Rapidminer yang berfungsi sebagai *tool* untuk di aplikasikan ke K-NN (*K-Nearest Neighbor*). Dalam pengolahan data RSS menggunakan Ms.Excel 2007. Dan CorelDraw X4 untuk pembuatan denah lokasi penelitian[3].

Kemudian penelitian yang di lakukakan oleh Nurul Y. Arrifa, R. V. Hari Ginardi, dan Ary M. Shiddiqi membuat aplikasi 3D *Indoor Localization* yang berjalan pada *smartphone* Android untuk melacak keberadaan seseorang di kampus Teknik Informatika ITS. Kemampuan Aplikasi ini mampu mendeteksi lokasi si pengguna di dalam ruangan dengan menggunakan kekuatan sinyal Wi-Fi dan data BSSID yang ditangkap oleh *smartphone* android pada ruangan tersebut. Sebelum itu di lakukan proses sampling data dengan cara melakukan *scanning* Wi-Fi di seluruh area setiap ruangan. Informasi yang di dapatkan yaitu lokasi keberadaan pengguna atau nama ruangan serta level lantai dari lokasi tersebut. *Train* area memiliki luas 120 cm × 120 cm. Setiap *train* area, dilakukan *scanning* data Wi-Fi sebanyak tiga kali. Penelitian ini menggunakan algoritma *Decision Tree*, dimana algoritma ini banyak di gunakan untuk regresi ataupun klasifikasi. Algoritma ini untuk membuat model yang bisa mendeteksi nilai dari sebuah target variabel[4].

Penelitian yang di lakukan oleh Triuli Novianti, Pengukuran RSSI yang dilakukan di kampus ITS Surabaya di lantai tiga gedung jurusan teknik elektro di ruangan lab B304. Metode

pengambilan data dengan mengukur RSSI terhadap jarak, dengan waktu tiap pengukuran kurang lebih 30 detik dan di lakukan sebanyak tiga kali tujuannya untuk mengetahui hasil karakteristik dari RSSI tersebut jika di lakukan di tempat indoor. Pengukuran bertujuan untuk mencari cakupan yang besar dari pancaran sinyal radio yang berasal dari *node* yang telah dipasang, maka nantinya bisa terlihat berapa keperluan jumlah base station yang dibutuhkan untuk menjangkau di ruangan Lab 304. Pengukuran ini juga bisa mengetahui sejauh mana jangkauan *node* dalam mentransmisikan sinyal radio.

Pada penelitian yang berjudul “*Beacon for Proximity Target Marketing*” oleh Naval Krushna Alluwar *beacon* digunakan sebagai objek untuk memancarkan sinyal informasi untuk target pemasarannya. Dimana *beacon* tersebut di letakkan pada tempat yang sering di gunakan orang untuk berbisnis dan usaha. Dan nantinya beacon ini akan memberikan informasi secara konsep kepada pengunjung atau pelanggan di tempat tersebut[5].

## **2.2 Tinjauan Teori**

Bagian ini memuat teori-teori yang berhubungan dengan penelitian tentang *Indoor Localization*, *Receive Signal Strength Indicator*, *Bluetooth Low Energy*, Algoritma K-NN (*K-Nearest Neighbor*).

### **2.2.1 Indoor Localization**

*Indoor Localization* merupakan layanan untuk menentukan posisi seseorang atau benda yang berada di dalam ruangan atau gedung. Teknologi untuk menentukan koordinat sebuah objek yang bertempat di dalam ruangan atau gedung. Untuk mengetahui lokasi *smartphone* atau objek sebuah *access point* diletakkan di koordinat tertentu yang sudah ditentukan. Teknologi ini mempunyai kemampuan untuk mendeteksi lokasi keberadaan pengguna di dalam ruangan maupun gedung dengan menggunakan data kekuatan sinyal Wi-Fi lalu ditangkap oleh *smartphone* pada ruangan atau gedung tersebut, Maka hasil yang didapatkan yaitu informasi lokasi penggunaan secara konsep. Secara konsep sama seperti *indoor position system*, terdapat perbedaan dalam penentuan posisi, jika *Indoor Localization* menggunakan koordinat relatif berbeda halnya dengan *indoor position system* yang menggunakan koordinat global (garis lintang dan bujur)[6].

### **2.2.2 Receive Signal Strength Indicator**

*Receive Signal Strength Indicator* (RSSI) adalah sebuah ukuran untuk mengetahui kekuatan sinyal yang dipancarkan oleh suatu pemancar *bluetooth low energy* dan diterima oleh

objek (*smartphone*). Tetapi nilai RSSI memiliki banyak keterbatasan, karena pada dasarnya RSSI rentan terhadap gangguan seperti dinding, kaca, atau sebagainya yang bisa mengganggu pancaran sinyal yang di terima. Nilai RSSI untuk mengetahui dan menentukan jarak sangat cocok untuk Teknologi *Indoor Localization*[7]. Kekuatan sinyal yang kuat akan di jadikan acuan untuk nilai yang terbaik. Dengan kata lain pada saat proses pengiriman atau penerimaan data yang akan menggunakan nilai terbaik, secara tidak langsung akan berdampak pada penghematan energi. Maka dari itu kekuatan sinyal pada tiap *access point* sangat berpengaruh saat pengiriman atau penerimaan data.

### **2.2.3 Bluetooth Low Energy**

*Bluetooth low energy* adalah sebuah *personal area network* (PAN) yang memancarkan sinyal data dengan jarak tertentu. BLE menggunakan daya yang cukup kecil, transmisi datanya yang cepat hingga 1 Mbit/s. Untuk aplikasi indoor atau rumahan cocok dipakai, *Bluetooth Low Energi* yaitu protocol terbaru dari *Bluetooth*. Keunggulannya di dibandingkan dengan *Bluetooth* klasik adalah energi listrik dari BLE jauh lebih kecil. Tetapi terdapat persamaan pada kapasitas dan jangkauan konektifitas. *Bluetooth Low Energy* disebut juga dengan *bluetooth smart*, yaitu *bluetooth* yang membutuhkan daya rendah dalam sistem kerjanya. Sumber daya dari baterai berbentuk koin (seperti baterai bios komputer) sebuah modul BLE yang dapat bertahan 2 - 3 tahun. *Bluetooth* sendiri dapat digunakan untuk *wireless local area network* (WLAN)[8]. Hanya saja *bluetooth* mempunyai jangkauan jarak yang pendek dan kemampuan transfer data yang lebih rendah. *Bluetooth Low Energy* memiliki beberapa kelebihan di antaranya :

1. Hemat daya baterai karena konsumsi daya yang relative kecil
2. Kecepatan transfer mencapai sekitar 1 Mbps.
3. Biaya produksi yang rendah.
4. Mampu menjangkau jarak lebih dari 100 meter.

### **2.2.4 Algoritma K-Nearest Neighbor**

Program simulasi yang di gunakan adalah algoritma K-NN. Algoritma yang di gunakan adalah metode untuk mengklasifikasi objek berdasarkan data pembelajaran yang paling dekat dengan objek tersebut. Prinsip kerja dari algoritma K-NN ini ialah mencari jarak yang terdekat antara data yang ingin di evaluasi dengan K tetangga yang terdekat. Nilai K yang bagus tergantung pada data. Nilai K bisa bervariasi, namun pada umumnya digunakan nilai yang ganjil sehingga tidak ada tetangga terdekat (*nearest neighbor*) berjumlah sama dalam *cluster* yang sama saat menentukan hasil akhir klasifikasi[9]. Nilai K bertujuan untuk mengetahui titik koordinat yang

paling dekat antara koordinat estimasi dari data uji dengan koordinat pada data *training* yang nantinya akan di teruskan dengan persamaan (3.1) untuk mendapatkan nilai akurasi. Algoritma akan mencari vector dengan jarak terdekat, ada banyak fungsi untuk menghitung jarak salah satunya adalah *euclidean*. Dimana pada penelitian ini menggunakan nilai K=3 yang berarti 3 nilai *Euclidean* terkecil merupakan nilai K. Dari ketiga nilai tersebut didapatkan satu nilai terkecil maka nilai itulah yang di katakan sebagai titik koordinat terdekat dari data uji dengan data *training*. Dekat atau jauhnya tetangga di hitung berdasarkan jarak *euclidean* dengan persamaan :

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$p$  = RSSI dari titik uji (dbm)

$q$  = RSSI dari titik data *training* (dbm)

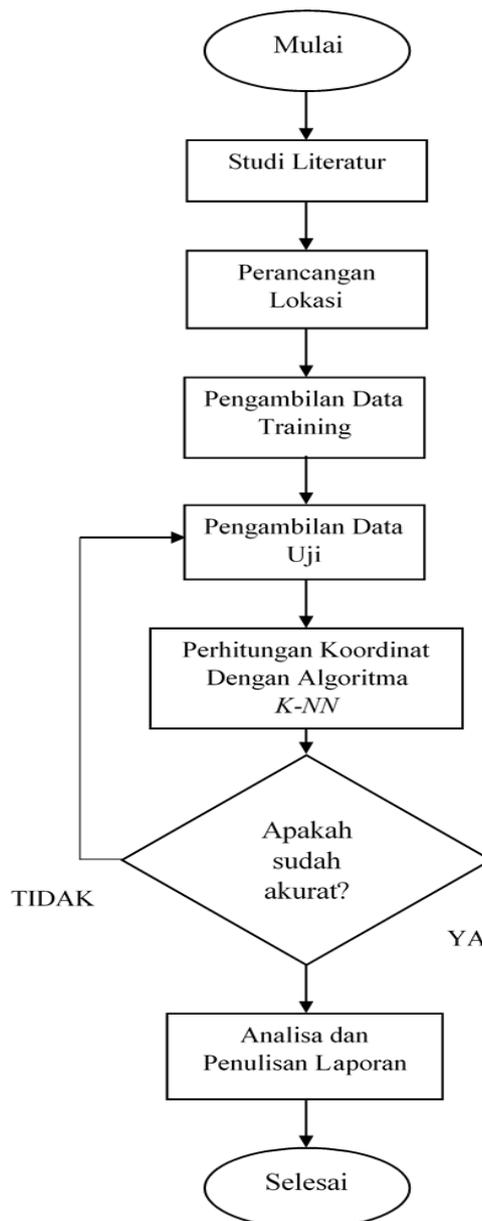
$n$  = jumlah *access point*

$d$  = jarak *Euclidean* dari data uji dan data *training* (m)

## BAB 3

### METODOLOGI

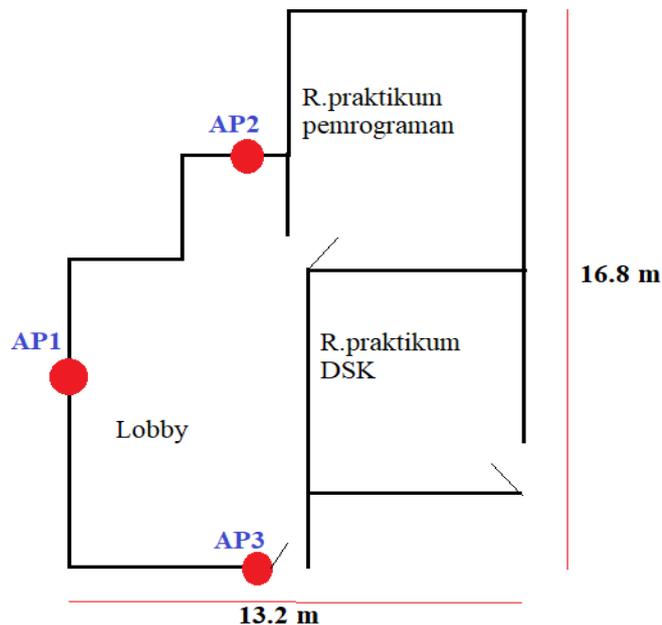
Perancangan sistem pada penelitian kali ini dilalui dalam beberapa tahapan demi tahapan, hal tersebut ditampilkan melalui diagram alir pada Gambar :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### 3.1 Perencanaan Lokasi Penelitian dan Penentuan Lokasi *Access Point*

Penentuan dan pengukuran *access point* di lakukan di laboratorium pemrograman FTI UII. Perencanaan lokasi merupakan langkah pertama dan terpenting untuk melakukan sebuah penelitian. Langkah selanjutnya adalah menentukan letak *access point* dan mengukur nilai RSSI (*Received Signal Strength Indication*) yaitu kekuatan sinyal antara *access point* dengan objek (*smarthphone*). Pancaran sinyal yang kuat dapat di pastikan sinyal yang di terima oleh pengguna dapat di baca dengan baik, oleh karena itu *access point* sangat mempengaruhi kinerja sistem navigasi.

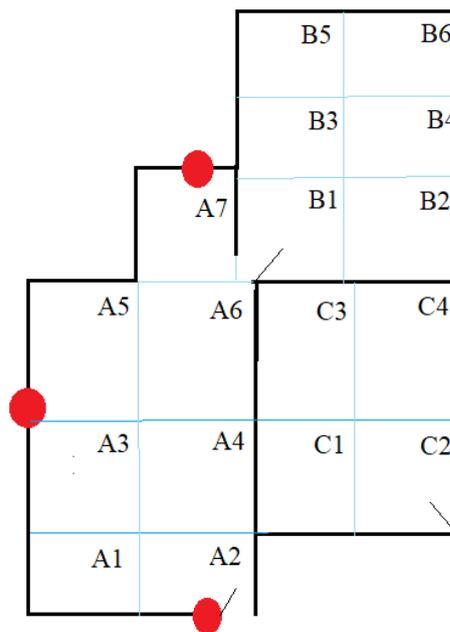


Gambar 3. 2 Lokasi Perencanaan Penelitian

Pada pengujian ini menggunakan 3 buah *access point* yaitu BLE (UUID) 232 adalah AP1, (UUID) 240 adalah AP2, (UUID) 242 adalah AP3. Peletakan *access point* berada pada posisi yang berbeda-beda dimana untuk *access point* AP1 berada pada koordinat (0,6), untuk AP2 berada pada koordinat (4,11.5), dan pada koordinat (4,0) untuk AP3. Untuk menerima sinyal yang di pancarkan oleh *access point* menggunakan objek yaitu *smarthphone*. *Smarthphone* yang di gunakan kali ini adalah *smarthphone* dengan seri iphone 6. Untuk menampilkan nilai sinyal yang di ukur dan di tampilkan pada *smarthphone* menggunakan aplikasi *cubeacon tools*.

### 3.2 Perancangan pengambilan data *training*

Pengambilan data dilakukan dengan menentukan titik koordinat di seluruh ruangan laboratorium pemrograman FTI dengan skala 1m x 1m dalam posisi X dan Y. Dimana luas ruangan laboratorium pemrograman FTI UII yang mempunyai lebar 13.2 m dan panjang 16.8 m. maka didapatkan jumlah X=13 dan Y=16 pada ruangan tersebut. Didapatkan total keseluruhan titik koordinat adalah 147 koordinat dalam posisi X dan Y. Kemudian mengukur nilai RSSI menggunakan objek (*smarthphone*). Untuk mengetahui kemampuan *BLE* dalam mengestimasi posisi suatu objek (*smartphone*) di setiap titik koordinat dilakukan 10 kali pengambilan data dan diambil 1 data yang sering muncul pada objek supaya data yang didapatkan valid. Setelah dilakukan pengukuran dilanjutkan dengan pembagian *cluster*. Pada ruangan laboratorium pemrograman ini dibagi menjadi 3 *cluster* yaitu *cluster A* pada ruangan lobby, *cluster B* pada ruangan praktikum pemrograman, dan *cluster C* pada ruangan praktikum DSK. Lalu di setiap masing-masing *cluster* terbagi lagi menjadi beberapa *cluster*. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan tingkat akurasi yang maksimal dan mengetahui keberadaan objek.



Gambar 3. 3 Pembagian *Cluster* Ruangan

Gambar 3.3 menunjukkan jumlah seluruh *cluster* yang ada pada laboratorium pemrograman yang berjumlah 17 *cluster*. Dimana pada *cluster A* terdapat 7 *cluster*, *cluster B* terdapat 6 *cluster*, dan *cluster C* terdapat 4 *cluster*.

### 3.3 Pengambilan data uji

Pada pengambilan data uji ini di dapatkan 15 data uji secara acak, terdapat 5 data uji di *cluster A*, 5 data uji di *cluster B*, dan 5 data uji di *cluster C*. Nilai RSSI yang di dapatkan berbeda-beda sesuai dengan jarak objek terhadap *access point* yang sudah di ukur. Dengan sifat sinyal yang Fluktuatif maka pengambilan data uji sebaiknya di lakukan secara berulang-ulang dan menentukan nilai yg sering muncul pada objek (*smartphone*). Maka nilai itulah yang akan di ambil sebagai data uji. Kemudian di lanjutkan dengan menghitung jarak *euclidean* antara seluruh data *training* dengan data uji dengan persamaan 2.1.

### 3.4 Perhitungan algoritma *K-Nearest Neighbor*

1. Data uji yang telah di dapatkan kemudian dibandingkan jarak euclideannya dengan masing-masing data *training* secara keseluruhan.
2. Menentukan nilai K dimana pada pengujian ini menggunakan nilai  $K=3$ . Dan 3 nilai *euclidean* terkecil dari data uji mempresentasikan estimasi jarak yang paling dekat dengan koordinat sebenarnya.
3. Menentukan letak *cluster* berdasarkan nilai K paling banyak.
4. Kemudian menghitung nilai akurasi dimana sudah di dapatkan koordinat estimasi dengan persamaan rumus akurasi.

### 3.5 Perhitungan akurasi

Akurasi adalah kedekatan suatu hasil pengukuran dengan angka atau data yang sebenarnya. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari koordinat estimasi dan koordinat sebenarnya yang ada pada ruangan laboratorium pemrograman FTI UII. Dalam sebuah perancangan sistem navigasi dalam ruangan atau sering disebut dengan *Indoor Localization* akurasi merupakan hal yang sangat penting. Di dapatkan 15 data uji pada ruangan tersebut. Dengan menggunakan persamaan 3.1 dapat di ketahui jarak akurasi dari seluruh data uji tersebut. Dimana semakin kecil nilai akurasi dapat di katakan semakin baik tingkat akurasinya. persamaan dapat dilihat sebagai berikut :

$$Akurasi = \sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{(x_i - x_i')^2 + (y_i - y_i')^2}}{n} \quad (3.1)$$

Keterangan :

$(x_i, y_i)$  = koordinat sebenarnya

$(x_i', y_i')$  = koordinat estimasi

$n$  = banyaknya data pengujian

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil pengambilan data *training*

Pengambilan data di lakukan dengan menentukan titik kordinat di seluruh ruangan laboratorium pemrograman FTI dengan skala 1m x 1m dalam posisi x dan y. Kemudian mengukur nilai RSSI dari *Access Point* ke *smarthphone* atau objek. Tabel dibawah ini merupakan hasil tampilan data *training* yg di lakukan di ruangan laboratorium pemrograman :

Tabel 4. 1 Hasil Data *Training*

<i>Cluster A</i>				<i>Cluster B</i>				<i>Cluster C</i>			
Titik koordinat (x,y)	Nilai RSSI (dbm)			Titik koordinat (x,y)	Nilai RSSI (dbm)			Titik koordinat (x,y)	Nilai RSSI (dbm)		
	AP 232	AP 240	AP 242		AP 232	AP 240	AP 242		AP 232	AP 240	AP 242
6,3	-86	-86	-80	6,9	-86	-76	-90	1,2	-79	-91	-78
9,5	-86	-86	-86	9,11	-92	-79	-91	4,2	-85	-87	-87
10,3	-88	-87	-86	10,9	-90	-79	-90	1,4	-75	-87	-82
12,5	-86	-88	-90	12,11	-93	-81	-92	4,4	-81	-83	-77
6,6	-83	-85	-84	6,12	-89	-77	-92	1,7	-71	-86	-89
9,7	-86	-83	-88	9,14	-94	-83	-92	4,7	-77	-82	-83
10,6	-84	-85	-88	10,12	-93	-79	-93	4,1	-85	-69	-89
12,8	-89	-84	-93	12,14	-93	-87	-94	3,5	-75	-82	-81

Tampilan AP 232, AP 240, AP242 merupakan tampilan nilai RSSI antara AP dengan suatu objek (*smarthphone*) dalam satuan dbm. Nilai RSSI berbeda-beda sesuai jarak antara *access point* dengan objek. Jumlah dari keseluruhan data pada ruangan laboratorium pemrograman di setiap *grid* 1m x 1m terdapat 147 data. Dimana pada *cluster A* terdapat 49 data, *cluster B* 56 data, dan *cluster C* 42 data uji. Keseluruhan data *training* di cantumkan pada lampiran.

#### 4.2 Hasil pengujian

Pada hasil pengujian ini telah di lakukan 15 jumlah sample hasil uji di seluruh ruangan laboratorium pemrograman FTI UII. Dimana setiap pengambilan data uji di lakukan 10 kali percobaan dan menentukan nilai RSSI yang sering muncul pada layar *smarthphone* atau objek untuk mengetahui nilai RSSI yang baik karena sinyal bersifat Fluktuatif. Setelah di dapatkan nilai RSSI dari data uji masukan ke dalam persamaan 2.1 untuk mencari *euclidean*. Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan oleh penguji menggunakan metode K-NN didapatkan persamaan dan hasil pengujian sebagai berikut :

Persamaan jarak *Euclidean* dengan asumsi  $p$  adalah RSSI data uji dan  $q$  adalah RSSI data *training*. Dari pengujian pertama di dapatkan data sebagai berikut :

RSSI AP1 : -80

RSSI AP2 : -90

RSSI AP3 : -83

Untuk  $q = (-77, -89, -80)$  dan  $p = (-80, -90, -83)$  maka perhitungan jarak *euclidean* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}d_1^2 &= \sqrt{(-77 - (-80))^2 + (-89 - (-90))^2 + (-80 - (-83))^2} \\&= \sqrt{(3^2) + (1^2) + (3^2)} \\&= \sqrt{19} \\&= 4.358899\end{aligned}$$

Untuk  $q = (-79, -87, -79)$  dan  $p = (-80, -90, -83)$  maka perhitungan jarak *euclidean* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}d_2^2 &= \sqrt{(-79 - (-80))^2 + (-87 - (-90))^2 + (-79 - (-83))^2} \\&= \sqrt{(1^2) + (3^2) + (4^2)} \\&= \sqrt{26} \\&= 5.09902\end{aligned}$$

Untuk  $q = (-83, -86, -83)$  dan  $p = (-80, -90, -83)$  maka perhitungan jarak *euclidean* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}d_3^2 &= \sqrt{(-83 - (-80))^2 + (-86 - (-90))^2 + (-83 - (-83))^2} \\&= \sqrt{(-3^2) + (4^2) + (0^2)} \\&= \sqrt{25} \\&= 5\end{aligned}$$

Pada perhitungan di atas adalah contoh dari perhitungan *euclidean* pada *cluster* A3. dimana 3 nilai *euclidean* terkecil di dapatkan dengan menggunakan persamaan 2.1 dari seluruh nilai *euclidean* pada data *training* pada ruangan laboratorium pemrograman FTI UII.

Tabel 4. 2 Hasil Data pengujian dengan 3 jarak Euclidean terdekat dari data *training*.

data uji	RSSI data <i>training</i> (dbm)			koordinat sebenarnya dan RSSI data uji			koordinat data <i>training</i>		cluster	euclidean
	AP 232	AP 240	AP 242	x	y	RSSI	x	y		
1	-77	-89	-80	1.5	2.5	-80	1	3	A3	4.358899
	-79	-87	-79			-90	2	3		5.09902
	-83	-86	-83			-83	6	5		5
2	-71	-86	-89	1	7.1	-72	1	7	A5	1.732051
	-73	-85	-87			-87	2	7		2.44949
	-73	-84	-91			-88	1	8		4.358899
3	-75	-84	-86	3.9	7.1	-77	3	7	A6	2.828427
	-77	-82	-83			-82	4	7		3
	-77	-80	-87			-86	3	8		2.236068
4	-79	-84	-79	4.5	4.1	-79	3	4	A4	1
	-81	-83	-77			-83	4	4		2.828427
	-79	-82	-80			-79	5	5		1.414214
5	-85	-72	-90	3.8	10.5	-82	3	1	A7	9.539392
	-85	-69	-89			-63	4	1		6.708204
	-86	-66	-95			-89	5	11		7.81025
6	-89	-78	-91	9.3	10.1	-89	8	9	B1	1
	-90	-78	-91			-78	9	9		1.414214
	-90	-79	-90			-90	10	9		1.414214
7	-94	-81	-94	7.3	15	-93	10	14	B5	1.414214
	-93	-80	-93			-80	6	15		1
	-93	-81	-94			-94	7	15		1
8	-94	-83	-92	12	11.8	-93	9	14	B4	1
	-92	-83	-92			-83	11	12		1
	-93	-83	-93			-92	12	12		1
9	-90	-79	-92	6	12.2	-88	8	11	B3	2.236068
	-89	-77	-92			-79	6	12		2.44949
	-90	-78	-92			-93	6	13		2.44949
10	-91	-83	-92	9.5	14	-91	8	13	B3	2
	-91	-84	-91			-85	8	14		1.414214
	-92	-84	-91			-92	9	12		1.732051
11	-88	-84	-85	6.5	7.4	-88	6	7	C3	1.414214
	-89	-84	-88			-83	6	8		2.44949
	-86	-83	-85			-86	8	7		2.236068
12	-86	-88	-83	8.8	4.7	-85	7	4	C1	2.236068
	-87	-88	-84			-88	9	3		2.236068
	-86	-86	-86			-85	9	5		2.44949
13	-88	-82	-90	10.2	7.8	-88	9	8	C4	1.414214
	-87	-82	-91			-83	10	8		1.414214
	-88	-84	-92			-91	11	8		1.414214
14	-89	-88	-89	12.3	4.1	-87	11	3	C2	2.236068
	-85	-90	-90			-89	12	4		2.44949
	-86	-88	-90			-89	12	5		1.732051
15	-84	-84	-87	8.3	6.3	-83	8	6	C3	1
	-84	-85	-87			-84	9	6		1.414214
	-84	-85	-88			-87	10	6		1.732051

Pengujian yang dilakukan di dalam Laboratorium Pemrograman FTI UII menghasilkan tampilan seperti tabel diatas. Terdapat 15 data uji yang di dapat di seluruh ruangan. RSSI yang ditampilkan pada tabel diatas merupakan tampilan jarak terhadap *access point* dengan objek (*smartphone*) berdasarkan pada proses pengukuran secara *real*. Saat pengujian data yang di ambil dalam kondisi *non line of sight*, dimana kondisi ini terdapat penghalang seperti dinding, kaca, lemari yang mempengaruhi kualitas RSSI yang dipancarkan langsung dari BLE menuju *smartphone*. Pada tabel pengujian menampilkan koordinat-koordinat sebenarnya dengan koordinat estimasi. Jika pada K-NN menggunakan nilai  $K=3$ , maka lokasi estimasi di tentukan berdasarkan 3 tetangga terdekat (jarak *euclidean* terkecil) pada 1 data uji. Dimana dengan jumlah nilai  $k=3$  bisa di ketahui pada tabel di atas dan terlihat nilai yang terkecil di tunjukan pada data yang bergaris abu-abu. Hal ini berguna untuk mengetahui lokasi estimasi berada di *cluster* yang di tentukan oleh nilai  $K$  tersebut. Nilai  $K$  yang tinggi akan membuat batasan antara setiap klasifikasi menjadi lebih kabur [3].

### 4.3 Hasil akurasi

Pengujian yang dilakukan diketahui bahwa algoritma K-NN, dengan grid 1m x 1m memberikan estimasi posisi suatu objek dengan tingkat akurasi yang baik. Berdasarkan persamaan 3.1 di dapatkan hasil nilai akurasi yang di dapatkan. Semakin kecil nilai dari penyimpangan akurasi, maka sistem akan semakin baik akurasinya. Hasil di tampilkan pada tabel berikut :

Tabel 4. 3 Hasil Akurasi

koordinat X lokasi objek ( <i>smartphone</i> ) sebenarnya	koordinat Y lokasi objek ( <i>smartphone</i> ) sebenarnya	koordinat X' lokasi objek ( <i>smartphone</i> ) estimasi	koordinat Y' lokasi objek ( <i>smartphone</i> ) estimasi	X - X'	Y - Y'	jarak euclidean (jarak lokasi sebenarnya dengan lokasi estimasi) (m)
1	3	1.5	2.5	-0.5	0.5	0.7071
1	7	1	7.1	0	-0.1	0.1
3	8	3.9	7.1	-0.9	0.9	1.27279
3	4	4.5	4.1	-1.5	-0.1	1.50332
4	10	3.8	10.5	0.2	-0.5	0.53851
8	9	9.3	10.1	-1.3	-1.1	1.70293
6	15	7.3	15	-1.3	0	1.3
12	12	12	11.8	0	0.2	0.2
8	11	6	12.2	2	-1.2	2.33238
8	13	9.5	14	-1.5	-1	1.80277
6	7	6.5	7.4	-0.5	-0.4	0.64031
7	4	8.8	4.7	-1.8	-0.7	1.93132
10	8	10.2	7.8	-0.2	0.2	0.28284
12	5	12.3	4.1	-0.3	0.9	0.94868
8	6	8.3	6.3	-0.3	-0.3	0.42426
Hasilakurasi						1.045814

Jarak *euclidean* pada gambar yang terjadi di setiap lokasi terdapat perbedaan dikarenakan ruangan pada Laboratorium Pemrograman FTI UII berkondisi *non line of sight (nlos)*. Sinyal mengalami gangguan sama halnya dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya oleh Wildan Yoga Swara bahwa pemantulan dan penyerapan pada nilai RSSI mengalami kendala sehingga nilai tersebut tidak langsung di pancarkan menuju objek (*smarthphone*) yang menerima pancaran sinyal dari BLE[10]. Pada tabel di atas menunjukkan jarak *euclidean* yang terkecil yang jarak lokasi sebenarnya adalah (1 , 7) terhadap lokasi estimasi (1 , 7.1) yaitu sebesar 0.1 meter. Sedangkan jarak *euclidean* terbesar terdapat lokasi sebenarnya (8 , 11) terhadap lokasi estimasinya (6 , 12.2) yaitu sebesar 2.33238. Hasil nilai akurasi di dapatkan dengan baik, seperti yang sudah di lakukan penelitian sebelumnya oleh Sutarti. Dimana nilai akurasinya di dapatkan dengan nilai 2.44 meter dengan ukuran *grid* 2m x 2m memberikan estimasi lokasi dengan tingkat akurasi cukup baik[3].

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Dari seluruh pengujian yang dilakukan didapatkan estimasi posisi pada objek dengan metode K-NN berdasarkan dengan nilai *Euclidean* terkecil.
2. Algoritma K-NN, dapat membaca dengan cukup baik terhadap objek (*smartphone*) di dalam ruangan laboratorium pemrograman FTI UII dan memiliki estimasi dengan tingkat akurasi rata-rata keseluruhan adalah 1.045814 meter.

#### **5.2 Saran**

1. Untuk kedepannya pengecekan alat dan komponen pada saat pengukuran harus dilakukan lebih teliti untuk mengurangi kesalahan pengambilan data.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Nataliana, "GPS Menggunakan Teknologi SMS ( Short Messaging Service ) Sebagai Aplikasi Sistem Personal Tracking," *Tek. Elektro Itenas*, vol. 1, no. 1, pp. 48–59, 2013.
- [2] X. He, S. Badiei, D. Aloï, and J. Li, "WiFi iLocate : WiFi based Indoor Localization for *Smartphone*," *Oakl. Univ.*, no. July, 2014.
- [3] Sutarti, "Deteksi Lokasi Objek dalam Gedung Berbasis IEEE 802.11 Menggunakan Metode K-NN," vol. 3, no. 2, 2016.
- [4] Nurul Y. Arrifa, R. V. H. Ginardi, and A. M. Shiddiqi, "Implementasi Indoor Localization Menggunakan Sinyal Wi-Fi dan Decision Tree untuk Pelacakan Keberadaan Seseorang di Kampus Teknik Informatika ITS," vol. 2, no. 1, pp. 1–4, 2013.
- [5] N. Allurwar, B. Nawale, and S. Patel, "Beacon for Proximity Target Marketing," *Univ. Maryl.*, vol. 5, no. 5, pp. 16359–16365, 2016.
- [6] A. Aryasena, R. V. H. Ginardi, and F. Baskoro, "Perancangan Indoor Localization Menggunakan *Bluetooth* Untuk Pelacakan Posisi Benda di Dalam Ruangan," *Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 326–330, 2016.
- [7] T. I. N. Ahmad Deny Andika, Poltak Sihombing, "Perancangan Sistem Pengukur Jarak Antara 2 Titik Wireless Xbee Pro Berdasarkan Nilai RSSI Ahmad," *Univ. Sumatera Utara*, 2011.
- [8] G. Sukadarmika, N. I. Er, and L. Linawati, "Analisis Coverage WLAN ( Wireless Local Area Network ) 802 . 11a," no. April 2015, 2010.
- [9] Y. Lukito and A. R. Chrismanto, "Perbandingan Metode - Metode Klasifikasi Untuk Indoor Positioning System," vol. 1, pp. 123–131, 2015.
- [10] W. Y. Swara, "Perancangan dan Implementasi Sistem Indoor Localization Berbasis Wireless Sensor Network Dengan Perangkat Zigbee," vol. 3, no. 3, pp. 4489–4495, 2016.

# LAMPIRAN

## CLUSTER A

*cluster A1*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
1.1	-81	-93	-74	16.76305461
2.1	-82	-93	-72	18.49324201
1.2	-79	-91	-78	12.20655562
2.2	-81	-90	-76	13.41640786

*cluster A2*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
3.1	-84	-92	-70	20.1246118
4.1	-86	-90	-69	20.83266666
5.1	-88	-89	-68	22.22611077
3.2	-83	-88	-74	14.69693846
4.2	-85	-87	-73	16.0623784
5.2	-87	-88	-71	19

*cluster A3*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
1.3	-77	-89	-80	9.219544457
2.3	-79	-87	-79	8.831760866
1.4	-75	-87	-82	6.708203932
2.4	-77	-85	-81	5.830951895
1.5	-71	-85	-84	7
2.5	-73	-83	-83	5.099019514

*cluster A4*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
3.3	-81	-86	-77	10.63014581
3.4	-79	-84	-79	7.549834435
3.5	-75	-82	-81	5.385164807
4.3	-83	-85	-75	12.88409873
5.3	-85	-86	-78	12
4.4	-81	-83	-77	9.899494937
5.4	-83	-84	-79	9.433981132
4.5	-77	-81	-79	7.071067812
5.5	-79	-82	-80	6.32455532

*cluster A5*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
1.6	-68	-85	-87	9.539392014
2.6	-70	-84	-85	7.348469228
1.7	-71	-86	-89	7.810249676
2.7	-73	-85	-87	5.099019514
1.8	-73	-84	-91	6.708203932
2.8	-75	-82	-89	3.605551275

*cluster A6*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
3.6	-72	-83	-83	5.916079783
4.6	-74	-81	-81	5.916079783
5.6	-76	-85	-83	4.358898944
3.7	-75	-84	-86	2.828427125
4.7	-77	-82	-83	3
5.7	-79	-84	-85	3
3.8	-77	-80	-87	2.236067977
4.8	-79	-79	-85	3.741657387
5.8	-81	-81	-86	4.123105626

*cluster A7*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
3.9	-79	-76	-92	8.717797887
4.9	-81	-75	-90	9
3.10	-85	-72	-90	13.41640786
4.10	-85	-69	-89	15.55634919
5.10	-87	-71	-93	16.43167673
3.11	-94	-66	-91	23.87467277
4.11	-88	-49	-90	35.0142828
5.11	-86	-66	-95	20.4450483

## CLUSTER B

*cluster B1*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
6.9	-86	-76	-90	11.53256259
6.10	-87	-74	-91	13.74772708
6.11	-88	-75	-92	14.35270009
7.9	-88	-77	-92	13.49073756
7.10	-89	-75	-92	15.13274595
7.11	-90	-76	-92	15.5241747
8.9	-89	-78	-91	13.60147051
8.10	-90	-76	-91	15.16575089
8.11	-90	-79	-92	14.62873884
9.9	-90	-78	-91	14.49137675
9.10	-91	-79	-91	15.16575089
9.11	-92	-79	-91	16.09347694

*cluster B2*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
10.9	-90	-79	-90	13.92838828
10.10	-91	-77	-91	15.68438714
10.11	-92	-76	-92	17.23368794
11.9	-91	-80	-91	15
11.10	-90	-79	-90	13.92838828
11.11	-92	-81	-92	16.18641406
12.9	-91	-81	-91	14.89966443
12.10	-90	-83	-92	14.35270009
12.11	-93	-81	-92	17.11724277

*cluster B3*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
6.12	-89	-77	-92	14.31782106
6.13	-90	-78	-92	14.86606875
6.14	-92	-79	-93	16.82260384
7.12	-91	-77	-93	16.43167673
7.13	-92	-79	-93	16.82260384
7.14	-93	-80	-93	17.57839583
8.12	-91	-81	-92	15.26433752
8.13	-91	-83	-92	15.26433752
8.14	-91	-84	-91	15
9.12	-92	-84	-91	15.93737745
9.13	-93	-82	-91	16.76305461
9.14	-94	-83	-92	18.05547009

*cluster B4*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
10.12	-93	-79	-93	17.72004515
10.13	-92	-80	-92	16.2788206
10.14	-94	-81	-94	18.81488772
11.12	-92	-83	-92	16.18641406
11.13	-93	-84	-94	18
11.14	-93	-86	-95	18.78829423
12.12	-93	-83	-93	17.49285568
12.13	-94	-86	-94	19.20937271
12.14	-93	-87	-94	18.57417562

*cluster B5*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
6.15	-93	-80	-93	17.57839583
6.16	-93	-82	-94	17.88854382
7.15	-93	-81	-94	17.91647287
7.16	-94	-83	-94	18.81488772
8.15	-94	-85	-93	18.62793601
8.16	-94	-86	-93	18.81488772
9.15	-94	-84	-93	18.49324201
9.16	-95	-84	-93	19.41648784

*cluster B6*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
10.15	-95	-82	-94	19.6977156
10.16	-95	-84	-95	20.22374842
11.15	-94	-87	-94	19.4422221
11.16	-95	-88	-94	20.59126028
12.15	-93	-89	-94	19.20937271
12.16	-94	-90	-93	20.04993766

## CLUSTER C

*cluster C1*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
6.3	-86	-86	-80	11.53256259
6.4	-84	-87	-81	9.949874371
6.5	-83	-86	-83	7.810249676
7.3	-86	-89	-83	11.78982612
7.4	-86	-88	-83	11.22497216
7.5	-85	-86	-82	9.797958971
8.3	-87	-87	-83	11.5758369
8.4	-86	-85	-84	9.695359715
8.5	-86	-85	-85	9.539392014
9.3	-87	-88	-84	11.83215957
9.4	-86	-88	-85	12.36931688
9.5	-86	-86	-86	9.848857802

*cluster C3*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
6.6	-83	-85	-84	7
6.7	-88	-84	-85	11.22497216
6.8	-89	-84	-88	12.32882801
7.6	-86	-88	-83	11.22497216
7.7	-89	-87	-84	13.15294644
7.8	-90	-85	-88	13.49073756
8.6	-84	-84	-87	7.348469228
8.7	-86	-83	-85	9.110433579
8.8	-86	-85	-89	9.949874371
9.6	-84	-85	-87	7.681145748
9.7	-86	-83	-88	9.273618495
9.8	-88	-82	-90	11.70469991

*cluster C2*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
10.3	-88	-87	-86	12.08304597
10.4	-86	-87	-88	10.48808848
10.5	-86	-86	-88	10.04987562
11.3	-89	-88	-89	13.74772708
11.4	-82	-87	-88	7.348469228
11.5	-86	-86	-89	10.29563014
12.3	-88	-91	-94	16.30950643
12.4	-85	-90	-90	12
12.5	-86	-88	-90	11.53256259

*cluster C4*

jarak	AP 232	AP 240	AP242	EUCLIDEAN
10.6	-84	-85	-88	7.874007874
10.7	-85	-83	-89	8.602325267
10.8	-87	-82	-91	11.18033989
11.6	-85	-87	-89	9.899494937
11.7	-86	-85	-91	10.72380529
11.8	-88	-84	-92	12.68857754
12.6	-86	-87	-89	10.72380529
12.7	-88	-86	-91	12.72792206
12.8	-89	-84	-93	14.03566885

Perhitungan akurasi pada pengujian 1 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(1 - 1.5)^2 + (3 - 2.5)^2} &= \sqrt{(0.5)^2 + (0.5)^2} \\ &= \sqrt{0.25 + 0.25} \\ &= \sqrt{0.5} \\ &= 0.7071\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 2 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(1 - 1)^2 + (7 - 7.1)^2} &= \sqrt{(0)^2 + (-0.1)^2} \\ &= \sqrt{0 + 0.01} \\ &= \sqrt{0.01} \\ &= 0.1\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 3 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(3 - 3.9)^2 + (8 - 7.1)^2} &= \sqrt{(-0.9)^2 + (0.9)^2} \\ &= \sqrt{0.81 + 0.81} \\ &= \sqrt{1.62} \\ &= 1.27279\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 4 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(3 - 4.5)^2 + (4 - 4.1)^2} &= \sqrt{(-1.5)^2 + (-0.1)^2} \\ &= \sqrt{2.25 + 0.01} \\ &= \sqrt{2.26} \\ &= 1.50332\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 5 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(4 - 3.8)^2 + (10 - 10.5)^2} &= \sqrt{(0.2)^2 + (-0.5)^2} \\ &= \sqrt{0.04 + 0.25} \\ &= \sqrt{0.29} \\ &= 0.53851\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 6 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(8 - 9.3)^2 + (9 - 10.1)^2} &= \sqrt{(-1.3)^2 + (-1.1)^2} \\ &= \sqrt{1.69 + 1.21} \\ &= \sqrt{2.9} \\ &= 1.70293\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 7 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(6 - 7.3)^2 + (15 - 15)^2} &= \sqrt{(-1.3)^2 + (0)^2} \\ &= \sqrt{1.69 + 0} \\ &= \sqrt{1.69} \\ &= 1.3\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 8 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(12 - 12)^2 + (12 - 11.8)^2} &= \sqrt{(0)^2 + (0.2)^2} \\ &= \sqrt{0 + 0.04} \\ &= \sqrt{0.04} \\ &= 0.2\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 9 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(8 - 6)^2 + (11 - 12.2)^2} &= \sqrt{(2)^2 + (-1.2)^2} \\ &= \sqrt{4 + 1.44} \\ &= \sqrt{5.44} \\ &= 2.33238\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 10 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(8 - 9.5)^2 + (13 - 14)^2} &= \sqrt{(-1.5)^2 + (-1)^2} \\ &= \sqrt{2.25 + 1} \\ &= \sqrt{3.25} \\ &= 1.80277\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 11 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(6 - 6.5)^2 + (7 - 7.4)^2} &= \sqrt{(-0.5)^2 + (-0.4)^2} \\ &= \sqrt{0.25 + 0.16} \\ &= \sqrt{0.41} \\ &= 0.64031\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 12 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(7 - 8.8)^2 + (4 - 4.7)^2} &= \sqrt{(-1.8)^2 + (-0.7)^2} \\ &= \sqrt{3.24 + 0.49} \\ &= \sqrt{3.73} \\ &= 1.93132\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 13 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(10 - 10.2)^2 + (8 - 7.8)^2} &= \sqrt{(-0.2)^2 + (-0.2)^2} \\ &= \sqrt{0.04 + 0.04} \\ &= \sqrt{0.08} \\ &= 0.28284\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 14 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(12 - 12.3)^2 + (5 - 4.1)^2} &= \sqrt{(-0.3)^2 + (0.9)^2} \\ &= \sqrt{0.09 + 0.81} \\ &= \sqrt{0.9} \\ &= 0.94868\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pada pengujian 15 :

$$\begin{aligned}\sqrt{(8 - 8.3)^2 + (6 - 6.3)^2} &= \sqrt{(-0.3)^2 + (-0.3)^2} \\ &= \sqrt{0.09 + 0.09} \\ &= \sqrt{0.18} \\ &= 0.42426\end{aligned}$$

Perhitungan akurasi pengujian dengan jumlah banyak data uji :

$$\frac{\text{jumlah akurasi pengujian}}{\text{jumlah banyak pengujian}} = \frac{15.68721}{15} = 1.045814$$