

**TESIS**

**PENENTUAN POSISI OBYEK MENGGUNAKAN  
METODE TRIANGULASI**



Disusun oleh:

**Nama : Sapta Hary Surya Wibowo**  
**NIM : 15.52.0754**  
**Konsentrasi : Sistem Informasi**

**PROGRAM STUDI S2 TEKNIK INFORMATIKA  
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2020**

**TESIS**

**PENENTUAN POSISI OBYEK MENGGUNAKAN  
METODE TRIANGULASI**

**DETERMINATION OF OBJECT POSITION  
USING TRIANGULATION METHOD**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat Magister



Disusun oleh:

Nama : Sapta Hary Surya Wibowo  
NIM : 15.52.0754  
Konsentrasi : Sistem Informasi

**PROGRAM STUDI S2 TEKNIK INFORMATIKA  
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2020**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENENTUAN POSISI OBYEK MENGGUNAKAN  
METODE TRIANGULASI**

**DETERMINATION OF OBJECT POSITION  
USING TRIANGULATION METHOD**

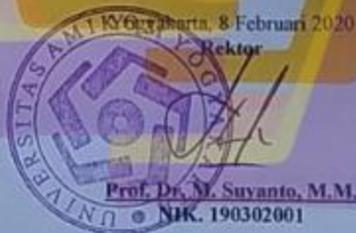
Dipersiapkan dan Disusun oleh

**Sapta Hary Surya Wibowo**

**15.52.0754**

Telah Diujikan dan Dipertahankan dalam Sidang Ujian Tesis  
Program Studi S2 Teknik Informatika  
Program Pascasarjana Universitas AMIKOM Yogyakarta  
pada hari Sabtu 8 Februari 2020

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Magister Komputer



**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENENTUAN POSISI OBYEK MENGGUNAKAN  
METODE TRIANGULASI**

**DETERMINATION OF OBJECT POSITION  
USING TRIANGULATION METHOD**

Dipersiapkan dan Disusun oleh

**Sapta Hary Surya Wibowo**

**15.52.0754**

Telah Diujikan dan Dipertahankan dalam Sidang Ujian Tesis  
Program Studi S2 Teknik Informatika  
Program Pascasarjana Universitas AMIKOM Yogyakarta  
pada hari Sabtu tanggal 8 Februari 2020

**Pembimbing Utama**

**Dr. Kusriani, M.Kom**  
NIK. 190302106

**Anggota Tim Penguji**

**Prof. Dr. Bambang Soedijono W.A.**  
NIK. 555126

**Pembimbing Pendamping**

**Dr. Andi Sunyoto, M.Kom**  
NIK. 190302052

**Prof. Dr. Ema Utami, S.Si., M.Kom**  
NIK. 190502037

**Dr. Kusriani, M.Kom**  
NIK. 190302106

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Magister Komputer

Yogyakarta, 8 Februari 2020  
**Direktur Program Pascasarjana**

**Dr. Kusriani, M.Kom.**  
NIK. 190302106

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : **Sapta Hary Surya Wibowo**  
NIM : **15.52.0754**  
Konsentrasi : **Sistem Informasi**

Menyatakan bahwa Tesis dengan judul berikut:  
**Penentuan Posisi Obyek Menggunakan Metode Triangulasi**

Dosen Pembimbing Utama : **Dr. Kusriani, M.Kom**  
Dosen Pembimbing Pendamping : **Dr. Andi Sunyoto, M.Kom**

1. Karya tulis ini adalah benar-benar **ASLI** dan **BELUM PERNAH** diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas AMIKOM Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian **SAYA** sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Tim Dosen Pembimbing
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab **SAYA**, bukan tanggung jawab Universitas AMIKOM Yogyakarta
5. Pernyataan ini **SAYA** buat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka **SAYA** bersedia menerima **SANKSI AKADEMIK** dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi

Yogyakarta, 8 Februari 2020  
Yang Menyatakan,



Sapta Hary Surya Wibowo

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Tesis ini saya persembahkan kepada segenap keluarga besar Alm. Boedihardjo Broto Atmojo dan keluarga besar Suharto yang telah memberikan dukungan moral, material, dan finansial dalam rangka mendukung peningkatan pendidikan kepada anggota keluarga besar.



## HALAMAN MOTTO

- Kepahitan hidup yang paling pahit adalah pengharapan penuh kepada manusia
- Jika yang disenangi tak jadi nyata maka yang nyata hendaknya berusaha disenangi

(Ali Bin Abu Tholib)



## KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmaanirrohiim.

Alhamdulillah robbil 'aalamiin. Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat & karunianya kepada penulis dan kita semua. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada nabi besar Muhammad yang telah memberikan pencerahan bagi semesta.

Penyusunan tesis ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi S2 dalam bidang Teknik Informatika Program Pasca Sarjana Universitas AMIKOM Yogyakarta. Laporan tesis ini bisa selesai dan terwujud dengan baik karena banyaknya dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Kusriani, M.Kom selaku direktur Program Pasca Sarjana Universitas AMIKOM Yogyakarta, sekaligus sebagai pembimbing utama dalam penyelesaian tesis ini.
2. Bapak Dr. Andi Sunyoto, M.Kom selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan selama proses penyelesaian tesis ini.
3. Bapak Kresno Aji, M.Kom yang telah membantu dalam pengambilan data dan memberikan dukungan dalam penyelesaian tesis ini.
4. Sahabat-sahabat yang telah membantu memberikan informasi dan dukungan administrasi terkait urusan administrasi penyelesaian tesis ini.
5. Seluruh staff admisi Universitas AMIKOM Yogyakarta yang telah melayani administrasi kuliah dan tesis dengan baik.

6. Semua pihak yang telah memberikan bantuan berupa apapun yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari akan kelemahan dan kurangnya pengalaman yang dimiliki sehingga penulis yakin bahwa laporan tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bisa membangun dan meningkatkan pengetahuan sehingga ke depan bisa mewujudkan karya yang lebih baik.

Penulis berharap laporan tesis ini memberikan manfaat bagi kalangan akademisi khususnya guna pengembangan ilmu pengetahuan, dan bagi masyarakat pada umumnya untuk kontribusi penerapan secara nyata.

Yogyakarta, 19 Januari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

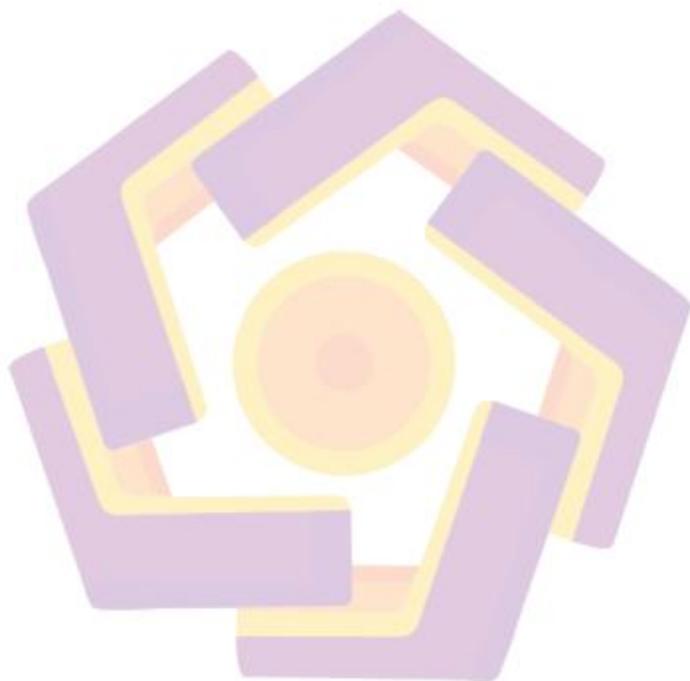
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
HALAMAN MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
INTISARI.....	xv
<i>ABSTRACT</i> .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	6
1.3. Batasan Masalah.....	6
1.4. Tujuan Penelitian.....	7
1.5. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1. Tinjauan Pustaka.....	9
2.2. Keaslian Penelitian.....	13

2.3. Landasan Teori.....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>22</b>
3.1. Jenis, Sifat, dan Pendekatan Penelitian.....	22
3.2. Metode Pengumpulan Data.....	23
3.3. Metode Analisis Data.....	27
3.4. Alur Penelitian.....	27
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1. Hasil Pengambilan Data Primer.....	31
4.1. Pengukuran Jarak dengan metode RSSI.....	36
4.2. Penghitungan Koordinat dengan Metode Triangulasi.....	37
4.3. Analisis Akurasi.....	47
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>54</b>
5.1. Kesimpulan.....	54
5.2. Saran.....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>56</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Matriks <i>literatur review</i> dan posisi penelitian .....	13
Tabel 2.2. <i>Path Loss Exponent</i> untuk berbagai lingkungan (Vinko Erceg et al., 1999).....	17
Tabel 4.1. Data pengukuran pathloss AP dengan hambatan interferensi.....	32
Tabel 4.2. Hasil pengukuran RSSI setiap AP ke obyek $O_1(30,25)$ .....	34
Tabel 4.3. Hasil pengukuran RSSI setiap AP ke obyek $O_2(5,15)$ .....	35
Tabel 4.4. Hasil penghitungan jarak Obyek 1 dengan AP.....	36
Tabel 4.5. Hasil penghitungan jarak Obyek 2 dengan AP.....	37
Tabel 4.6. Hasil pengukuran sudut antar AP.....	38
Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Obyek 1 dengan 4 AP.....	39
Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Obyek 1 dengan 5 AP.....	39
Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Obyek 1 dengan 6 AP.....	40
Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Obyek 1 dengan 7 AP.....	41
Tabel 4.11. Hasil Perhitungan Obyek 1 dengan 8 AP.....	41
Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Obyek 1 dengan 9 AP.....	42
Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Obyek 2 dengan 4 AP.....	42
Tabel 4.14. Hasil Perhitungan Obyek 2 dengan 5 AP.....	43
Tabel 4.15. Hasil Perhitungan Obyek 2 dengan 6 AP.....	44
Tabel 4.16. Hasil Perhitungan Obyek 2 dengan 7 AP.....	45
Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Obyek 2 dengan 8 AP.....	46
Tabel 4.18. Hasil Perhitungan Obyek 2 dengan 9 AP.....	46

Tabel 4.19. Rekapitulasi koordinat hasil pengukuran, koordinat nyata, dan penyimpangan.....	47
Tabel 4.20. Perbandingan rerata penyimpangan penggunaan jumlah.....	52



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Ilustrasi penentuan posisi koordinat dengan metode <i>fingerprinting</i> ..	3
Gambar 1.2. Ilustrasi metode trilaterasi .....	4
Gambar 2.1. Gambaran Algoritma Obyek Triangulasi .....	18
Gambar 3.1. Tampilan Access Point yang digunakan .....	23
Gambar 3.2. Tampilan aplikasi Wifi Analyzer di ponsel .....	24
Gambar 3.3. Ilustrasi penempatan Access Point (AP) dan Obyek (O) .....	26
Gambar 3.4. Lembar kerja untuk mencatat data eksperimen .....	26
Gambar 3.5. Bagan alur penelitian dari Mulai – Pengumpulan data .....	28
Gambar 3.6. Bagan alur penelitian dari Olah Data – Selesai .....	29
Gambar 4.1. Tampilan aplikasi wifi analyzer di layar ponsel .....	32
Gambar 4.2. Pengukuran sudut Obyek 1 dengan 4 buah AP .....	38
Gambar 4.3. Grafik posisi koordinat nyata versus hasil penentuan posisi koordinat dengan 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 buah AP .....	48
Gambar 4.4. Grafik <i>Euclidean</i> /Penyimpangan .....	49

## INTISARI

Jaringan wifi belakangan ini digunakan tidak sebatas untuk komunikasi data saja, tetapi dalam perkembangannya wifi mulai dipakai untuk navigasi atau penentuan posisi koordinat obyek. Salah satu pemanfaatan penentuan koordinat (posisi) adalah dalam hal pengukuran bidang atau lahan. Untuk keperluan tersebut, penggunaan GPS ada kalanya terganggu oleh pepohonan atau mendung yang tebal. Dikarenakan masalah tersebut maka diperlukan alternatif teknologi yang bisa digunakan dalam penentuan posisi titik batas dan bentuk bidang yang akan diukur. Penggunaan wifi untuk penentuan posisi telah banyak dilakukan penelitian dan salah satu metode yang digunakan adalah metode triangulasi dengan pengukuran jarak menggunakan metode RSSI, tetapi belum diteliti tentang pengaruh jumlah access point (AP) terhadap akurasi penentuan koordinat posisi obyek.

Penelitian dilakukan dengan eksperimen di lingkungan luar ruangan dengan luas 40m x 40m dengan 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 AP, dengan dua posisi koordinat obyek yang berbeda. Pengukuran jarak dilakukan dengan metode RSSI sedangkan penentuan posisi koordinat dilakukan dengan metode triangulasi. Sebagai hasilnya didapatkan bahwa penggunaan jumlah AP berbanding lurus dengan akurasi, dan bisa dikatakan semakin banyak AP yang digunakan semakin baik akurasinya. Dalam hal penggunaan jumlah AP ganjil/genap, cenderung tidak memberikan pengaruh terhadap akurasinya, walaupun secara rerata nilai akurasi penggunaan jumlah ganjil lebih tinggi akurasinya dibandingkan genap.

Kata kunci: WiFi, RSSI, Triangulasi, GPS

## **ABSTRACT**

*Recent wifi networks are used not only for data communication, but in its development wifi began to be used for navigation or object positioning. One of the uses of determining coordinates (position) is in terms of measurement of fields or land. For this purpose, the use of GPS is sometimes interrupted by trees or thick clouds. Because of these problems, it is needed an alternative technology that can be used in determining the position of the boundary point and shape of the field to be measured. The use of wifi for positioning has been done a lot of research and one method used is the triangulation method by measuring distance using the RSSI method, but it has not been studied about the effect of the number of access points (AP) on the accuracy of determining the coordinates of the object's position.*

*The study was conducted by experiments in the outdoor with an area of 40m x 40m with 4, 5, 6, 7, 8, and 9 AP. Experiments carried out with two different object positions. Distance measurement is done by the RSSI method while positioning is done by the triangulation method. It is found that the use of the number of APs is directly proportional to its accuracy, and it can be said that the more APs used the better the accuracy. In terms of the use of odd / even AP numbers, they tend not to have an effect on their accuracy, even though the average accuracy of using odd number is higher than even numbers.*

*Keyword: Wireless network, WiFi, Triangulation, GPS*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Pemanfaatan teknologi jaringan data telah merambah hampir pada setiap aspek kehidupan, mulai dari komunikasi, keamanan, kesehatan, pendidikan, perdagangan, dan lain-lain, sehingga muncul istilah *Internet of Think* (IoT) untuk melabeli generasi saat ini. Untuk itu banyak vendor perangkat telah melengkapi setiap produknya dengan teknologi jaringan data, khususnya adalah jaringan nirkabel atau lebih populer dengan sebutan *wireless fidelity* (wifi) agar bisa terkoneksi dengan jaringan data global yang disebut internet. Berbagai macam perangkat seperti komputer, laptop, telepon seluler, digital video recording (DVR), CCTV, dan lain-lain, hampir semua disematkan fitur pendukung wifi.

Berbagai institusi baik perusahaan industri, lembaga pendidikan, institusi kesehatan, keamanan, dan lain-lain, juga mengimbangi dengan penyediaan infrastruktur jaringan data terutama jaringan wifi disamping juga jaringan kabel. Jaringan wifi yang bebas dan banyak digunakan adalah jaringan IEEE 802.11 dengan frekuensi 2.4GHz. Pada mulanya teknologi jaringan wifi ini digunakan sebatas untuk komunikasi data, tetapi dalam perkembangannya wifi mulai dipakai untuk navigasi atau penentuanposisi koordinat obyek.

Dalam hal penentuan posisi koordinat obyek saat ini telah ada teknologi yang disebut *Global Positioning System* (GPS). Pada prinsipnya GPS bekerja minimal dengan 3 satelit dari 24 satelit yang mengorbit merata melingkupi bumi.

Kelemahan teknologi ini, GPS membutuhkan garis pandang ke satelit (*Line Of sight/LOS*). Ketika garis pandang terhalang, GPS tidak bisa bekerja (Hongbo Zhang, 2019). Di samping kelemahan tersebut, akurasi dari perkiraan posisi koordinat obyek menggunakan GPS kurang bagus, yaitu sekitar 50 meter (Brena et al., 2017).

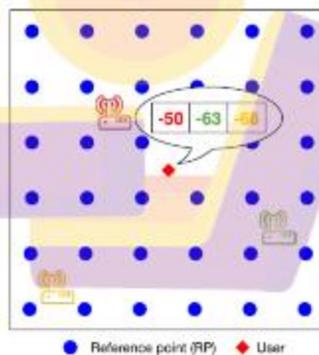
Karena akurasinya yang dinilai kurang bagus, maka penggunaanya dibantu dengan *Base Transceiver Station* (BTS) yang berada di permukaan bumi di mana titik koordinatnya (*latitude & longitude*) telah diketahui dan tetap. Pancaran sinyal BTS yang diterima obyek adalah sebagai *Assisting Global Positioning System* (AGPS) untuk disinkronkan dengan sinyal GPS sehingga didapatkan akurasi yang lebih baik. Sinyal dari BTS ini adalah jenis sinyal *Global System For Mobile Communication* yang biasa disingkat GSM (El-Rabbany, Ahmed, 2002).

Salah satu pemanfaatan penentuan koordinat (posisi) adalah dalam hal pengukuran bidang atau lahan. Untuk keperluan tersebut, penggunaan GPS akan kalanya terganggu oleh pepohonan atau mendung yang tebal. Dikarenakan masalah tersebut maka diperlukan alternatif teknologi yang bisa digunakan dalam penentuan posisi koordinat titik batas dan bentuk bidang yang akan diukur. Dalam rangka mengatasi masalah ini, wifi bisa digunakan sebagai alternatif penentuan posisi titik koordinat dengan pengukuran jarak berbasis RSS dan perhitungan dengan algoritma tertentu (Marco Vari, 2014).

Telah banyak dilakukan penelitian terkait dengan penggunaan wifi untuk penentuan jarak dan disimpulkan bahwa RSSI dari pancaran wifi bisa digunakan untuk mengukur jarak antara pemancar dengan penerimanya (Bence Bogd'andy,

2018) . Terkait penentuan posisi koordinat obyek, bisa dilakukan dengan metode trilaterasi (OnkarPathak, 2014) dan fingerprinting (Samaneh Amirisoori, 2017). Menurut Liu Yi dkk, metode triangulasi juga memungkinkan digunakan penentuan posisi koordinat obyek (Liu Yi et al., 2017).

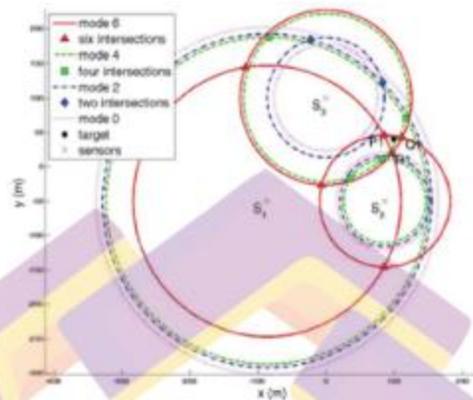
Metode fingerprinting membutuhkan survei untuk mendapatkan kekuatan sinyal pada titik-titik koordinat dimana semakin dekat jarak survei semakin bagus. Untuk area yang luas diperlukan survei titik yang banyak juga, sebagai contoh, jika luas area 40m x 40m dengan kerapatan survei tiap jarak 1 meter, berarti dibutuhkan survei RSS sebanyak 1600 kali. sebagai ilustrasi, ditunjukkan gambar 1.1. untuk memberikan gambaran metode fingerprinting. Untuk itu, penerapan metode ini kurang pas jika diterapkan di area luar ruangan dengan area yang luas, dan lebih cocok diterapkan di dalam ruangan.



Gambar 1.1. Ilustrasi penentuan posisi koordinat dengan metode *fingerprinting* (Labyad Asmaa, Kharraz Aroussi Hatim, Mouloudi Abdelaaziz, 2014)

Metode trilaterasi dalam memperkirakan titik koordinat obyek dengan mengukur jarak obyek dengan tiga buah *akses point* (AP), dan jarak tersebut menjadi jari-jari tiap lingkaran yang berpusat di masing-masing AP. titik

koordinat yang diperkirakan adalah titik perpotongan tiga lingkaran tersebut. Ilustrasi metode trilaterasi ini ditunjukkan pada gambar 1.2. berikut.



Gambar 1.2. Ilustrasi metode trilaterasi  
(Ming-Shih Huanga & Ram M. Narayanana, 2014)

Apa yang dilakukan dalam metode trilaterasi tersebut adalah salah satu tahapan dalam metode triangulasi. Dengan kata lain, metode trilaterasi adalah tahap awal dalam penyelesaian dengan algoritma triangulasi, dimana tahap triangulasi berikutnya adalah memvalidasi titik tersebut dengan sudut-sudut yang terbentuk dari AP ke titik perpotongan lingkaran. Bisa dikatakan, metode triangulasi merupakan penyempurnaan atau perbaikan dari metode trilaterasi.

Penelitian Hongbo Zhang (2019) memperkuat penggunaan RSSI wifi untuk melakukan pengukuran jarak dalam rangka penentuan posisi koordinat obyek. Penelitian tersebut menguji pengukuran jarak dengan RSSI dan hasilnya RSSI bagus digunakan untuk mengukur jarak pemancar dengan penerima (Hongbo Zhang, 2019).

Penerapan metode trilaterasi memberikan akurasi posisi koordinat yang kurang akurat yaitu sekitar 2,5-3 meter pada jarak pengukuran 20 meter (OnkarPathak, 2014). Metode fingerprinting membutuhkan jumlah AP dan survei yang banyak untuk membentuk matriks titik koordinat. Untuk itu, metode ini lebih cocok digunakan pada lingkungan dalam ruangan karena jika diterapkan di luar ruangan dibutuhkan jumlah AP dan survei yang banyak sehingga tidak efisien dari sisi biaya dan pengerjaannya.

Liu Yi, Liang Tao, Sun Jun (2017) dalam penelitiannya yang berjudul "RSSI Localization Method for Mine Underground Based on RSSI Hybrid Filtering Algorithm" menyebutkan bahwa penentuan posisi koordinat berbasis pengukuran jarak dengan metode RSSI bisa dilakukan dengan metode trilaterasi atau triangulasi. Metode trilaterasi untuk ini telah ada beberapa yang mencoba melakukan penelitiannya, sedangkan metode triangulasi belum banyak yang melakukannya.

Penelitian terkait metode triangulasi telah dilakukan oleh Elahe Soltanaghaei (2018). Penelitian ini menyimpulkan bahwa ini merupakan sistem lokalisasi pertama yang memberikan informasi posisi koordinat obyek berorientasi desimeter (Elahe Soltanaghaei, 2018). Ini menunjukkan bahwa metode triangulasi terbukti bisa digunakan untuk penentuan posisi koordinat obyek.

Metode Triangulasi bisa diterapkan pada AP yang minimal berjumlah 4 buah sampai jumlah AP tak terbatas. Terkait hubungan jumlah AP terhadap akurasi hasil penentuan posisi koordinat obyek belum dilakukan penelitian. Hal ini

membangkitkan rasa ingin tahu, apakah jumlah AP yang digunakan tersebut memiliki pengaruh terhadap akurasi hasil penentuan obyek. Untuk menjawab keingintahuan tersebut, diajukanlah permasalahan ini menjadi sebuah penelitian.

Dari paparan tersebut, pada dasarnya penelitian ini berupaya mendapatkan gambaran pengaruh jumlah akses poin beserta jumlah ganjil genapnya terhadap akurasi hasil penentuan posisi koordinat obyek.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang tersebut, selanjutnya dirumuskan masalahnya adalah sebagai berikut:

- a. Berapa jumlah AP yang optimal dalam penentuan posisi koordinat obyek?

Jumlah AP tentunya berpengaruh terhadap akurasi hasil penentuan posisi koordinat obyek, tetapi berapa jumlah yang optimal untuk penentuan posisi koordinat belum diketahui. Jumlah optimal adalah jumlah yang menghasilkan perkiraan posisi koordinat yang akurasinya tertinggi, di mana jika ditambah atau dikurangi penggunaan jumlah AP-nya, tidak mengubah akurasi secara signifikan atau bahkan mengurangi akurasinya.

- b. Apakah jumlah AP genap dan ganjil ada pengaruhnya terhadap akurasi penentuan posisi koordinat obyek?

### **1.3. Batasan Masalah**

Agar supaya memberikan bahasan yang tidak melebar, maka perlu diberikan batasan dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Wifi yang digunakan dalam eksperimen adalah standar IEEE 802.11 2,4 GHz
- b. Obstacle diberikan berupa sinyal interferensi dengan frekuensi yang sama dengan sinyal AP yang diukur RSSI-nya.
- c. Parameter optimal yang digunakan adalah yang menghasilkan akurasi terbaik atau memberikan peningkatan akurasi yang signifikan
- d. Obyek yang dilakukan pencarian titik koordinatnya adalah di lingkup area 40 meter x 40 meter ruang terbuka (*outdoor*), di mana sinyal semua AP telah diperhitungkan menjangkau semua titik di area tersebut
- e. Penentuan obyek dalam dua dimensi horisontal.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui penerapan metode triangulasi untuk menentukan posisi koordinat obyek.
- b. Mengetahui tingkat akurasi peramalan posisi koordinat obyek dengan metode triangulasi.
- c. Mengetahui pengaruh jumlah AP terhadap akurasi penentuan obyek.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik dalam bidang akademik maupun praktis. Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Memberikan pengetahuan tentang bagaimana menggunakan metode triangulasi dalam memperkirakan posisi koordinat obyek.
- b. Memberikan pengetahuan tingkat akurasi perkiraan posisi koordinat obyek dengan metode triangulasi.
- c. Penerapan praktis bisa digunakan untuk memperkirakan pergerakan obyek (contoh: mobil, robot), atau memperkirakan adanya tabrakan/tumbukan obyek tersebut.
- d. Memberikan gambaran kemungkinan penyempurnaan metode triangulasi dalam rangka memberikan akurasi penentuan posisi koordinat obyek yang lebih baik.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Dalam rangka melakukan penelitian pendahuluan, Peneliti telah melakukan studi pustaka terkait dengan perkiraan posisi koordinat obyek menggunakan wifi. Dari hasil studi pustaka tersebut ditemukan beberapa penelitian yang berhubungan dengan permasalahan serupa dengan penelitian yang akan dilakukan ini.

Penelitian dari Elahe Soltanaghaei dengan judul “Multipath Triangulation: Decimeter-level WiFi Localization and Orientation with a Single Unaided Receiver” berupaya melakukan lokalisasi posisi koordinat obyek dengan metode triangulasi. Penelitian dilakukan dengan sebuah AP dan dua buah reflektor pancaran sinyal. Hasil dari penelitian ini, obyek bisa ditentukan posisi koordinatnya dengan akurasi kurang dari satu meter (desimeteran).

Penelitian dengan teknik Elahe ini menuntut perangkat penerima yang mendukung array antena 3 elemen, sedangkan saat ini kebanyakan perangkat di pasaran tidak mendukung itu karena hanya dibekali dengan antena tunggal. Selain itu, kelemahan sinyal yang diterima pada pantula kedua lemah sehingga rawan gagal dalam penentuan posisi koordinat obyeknya. Untuk ini Elahe di bagian akhir penelitiannya menyarankan untuk dilakukan filter pada refleksinya (Elahe Soltanaghaei, 2018).

Selanjutnya penelitian Vincent Pierlot berjudul “A New Three Object Triangulation Algorithm for Mobile Robot Positioning” bertujuan Menentukan posisi koordinat robot berdasarkan sudut dengan metode triangulasi. metode yang digunakan sama dengan penelitian Elahe tetapi AP yang digunakan berbeda karena pada penelitian Vincent ini digunakan tiga buah AP yang posisi koordinatnya sudah diketahui. selanjutnya metode yang digunakan ini diperkenalkan dengan Three Object Triangulation Algorithm (ToTaL) (Vincent Pierlot, 2014).

Pada kesimpulan dinyatakan bahwa metode ToTaL baik digunakan untuk penentuan posisi koordinat robot berdasarkan sudut dari tiga buah pemancar. Namun disampaikan juga bahwa metode ToTaL memiliki kelemahan dengan adanya titik buta di antara tiga buah pemancar yang digunakan.

Penelitian Elahe Soltanaghaei dan Vincent Pierlot ini menunjukkan bahwa metode triangulasi bisa digunakan untuk penentuan posisi koordinat obyek dengan baik. Metode ini yang kemudian digunakan oleh Peneliti dalam menyelesaikan masalah yang telah dikemukakan di depan. Penelitian yang akan dilakukan berbeda dalam penggunaan jumlah AP-nya, di mana yang akan dilakukan menggunakan AP sebanyak 4, 5, 6, 7, 8, dan 9.

Penelitian tentang perkiraan posisi juga dilakukan oleh D. K. Sachan, P. Kumar, P. N. Dwivedi, A. Bhattacharya (2018). Penelitian tersebut berjudul “Accurate Estimation of shell position using triangulation method for calibration of RPS”. Tujuan utama dari penelitian ini adalah memperkirakan posisi koordinat & waktu sampai nya obyek yang bergerak cepat. Untuk tujuan tersebut,

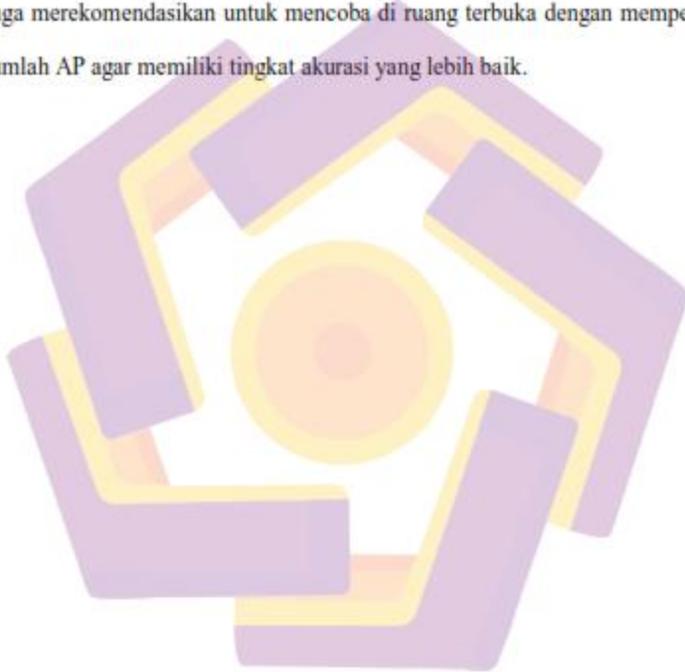
Sachan dkk juga menggunakan metode triangulasi dalam menentukan perkiraan posisi koordinat obyek. Hasil dari penelitiannya, Sangat akurat pada sumbu X dan kurang akurat pada sumbu Y (D. K. Sachan, 2018).

Dalam hal pengukuran jarak, penelitian-penelitian di atas menggunakan metode RSS. Adapun penelitian yang secara khusus meneliti pengukuran jarak menggunakan Receive Signal Strength (RSS) yaitu penelitian yang dilakukan oleh Tomoya Nakatani, Takuyamaekawa, Masumi Shirakawa, dan Takahiro Hara (2018), berjudul "Estimating the Physical Distance between Two Locations with Wi-Fi Received Signal Strength Information".

Tujuan dari penelitian tersebut adalah memperkirakan jarak fisik antara dua lokasi dengan menggunakan sinyal Wi-Fi, yaitu antara AP dengan perangkat penerima sinyal wifi. Hasil akhir dari penelitian ini menyimpulkan bahwa hasil perkiraan jarak menggunakan metode RSS di lingkungan bebas terbuka memiliki akurasi yang sama dengan di lingkungan bebas tertutup. Dinyatakan juga bahwa akurasi dari perkiraan jarak menggunakan metode RSS ini sekitar 3 meter pada pengukuran aktual sejauh 20 meter.

Metode RSS juga telah banyak digunakan dalam penelitian-penelitian yang berorientasi pada penentuan posisi koordinat obyek, walaupun metode yang digunakan berbeda-beda. Salah satu penggunaannya adalah pada penelitian yang dilakukan oleh Amirsoori, Salwani Mohd Daud, Noor Azurati Ahmad, Nur Syazarin Natasha Abd Aziz, Nurul Iman Mohd Sa'at, dan Nur Qamarina Mohd Noor (2017).

Penelitian tersebut berjudul “WI-FI Based Indoor Positioning Using Fingerprinting Methods (KNN Algorithm) in Real Environment” yang pada intinya bertujuan menentukan posisi koordinat obyek menggunakan metode Fingerprinting di lingkungan nyata ruang tertutup. Pada penelitian ini, metode RSS digunakan untuk pengukuran jarak dan hasilnya cukup baik. Penelitian ini juga merekomendasikan untuk mencoba di ruang terbuka dengan memperbanyak jumlah AP agar memiliki tingkat akurasi yang lebih baik.



## 2.2. Keaslian Penelitian

Tabel 2.1. Matriks *literatur review* dan posisi penelitian  
Penentuan Posisi Obyek Menggunakan Metode Triangulasi

No	Judul	Peneliti, Media Publikasi, dan Tahun	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran atau Kelemahan	Perbandingan
1	Multipath Triangulation: Decimeter-level WiFi Localization and Orientation with a Single Unaided Receiver	Elahe Soltanaghaci, Avinash alyanaraman, Kamin Whitehouse, Proceedings of the 16th Annual International Conference on Mobile Systems, 2018, Muich-Germany	Mendemonstrasikan pantulan sinyal AP untuk meningkatkan lokalisasi. Menyajikan teknik lokalisasi baru Multipath triangulasi yang hanya menggunakan satu AP dan reflektor untuk pantulannya	Penentuan posisi obyek bisa dilakukan dengan satu AP dibantu reflektor untuk memantulkan pancaran. Akurasi penentuan posisi obyek di bawah 1 meter	Penerapannya membutuhkan perangkat yang memiliki array antena 3 elemen. Saran: memfilter refleksi ini pada langkah post-processing agar refleksi ordo dua tidak terlalu lemah.	Penelitian ini digunakan sebuah titik AP dengan reflektor di titik-titik yang lain. Pada penelitian yang akan dilaksanakan digunakan jumlah AP lebih dari 4 buah.
2.	A New Three Object Triangulation Algorithm for Mobile Robot Positioning	Vincent Pierlot, Marc Van Droogenbroeck, IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS, VOL. 30, NO. 3, 2014, New York	Menentukan posisi robot berdasarkan sudut dengan teknik triangulasi	Metode Three Object Triangulation Algorithm (ToTaL) bisa digunakan untuk menentukan posisi robot berdasarkan sudut dan 3 pemancar	Metode ToTaL memiliki kelemahan adanya titik buta di antara 3 pemancar. Bagus digunakan lebih dari 3 pemancar	Penelitian ini menggunakan metode yang sama dengan penelitian yang akan dilaksanakan, tetapi hanya menggunakan 3 pemancar saja sedangkan yang akan dilaksanakan menggunakan lebih dari itu, yaitu 4, 5, 6, 7, 8, dan 9

Tabel 2.1. (Lanjutan)

No	Judul	Peneliti, Media Publikasi, dan Tahun	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran atau Kelemahan	Perbandingan
3	Accurate Estimation of shell position using triangulation method for calibration of RPS	D. K. Sachan, P. Kumar, P. N. Dwivedi, A. Bhattacharya, ELSEVIER, 2018	Mengendalikan posisi rudal balistik dengan akurasi tinggi dan memperkirakan waktu rudal sampai kepada tujuan	Akurasi terhadap sumbu x sangat akurat, sedangkan terhadap sumbu y memiliki penyimpangan semakin tinggi pada waktu yang semakin lama.	Metode triangulasi bisa digunakan untuk memperkirakan posisi obyek yang bergerak, hanya saja perlu upaya peningkatan akurasi	Penelitian yang akan dilaksanakan menggunakan metode yang sama dengan penelitian ini, akan tetapi meniadakan juri rekomendasinya yaitu berupaya meningkatkan akurasi penentuan posisi obyek dengan mempertimbangkan aspek jumlah AP
4	Estimating the Physical Distance between Two Locations with Wi-Fi Received Signal Strength Information Using Obstacle-aware Approach	Tomoya Nakatani, ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol., Vol. 2, No. 3, Article 130, 2018	memperkirakan jarak fisik antara dua lokasi dengan menggunakan sinyal Wi-Fi dari AP yang diamati di dua lokasi oleh penerima sinyal Wi-Fi.	model estimasi jarak lingkungan bebas mencapai akurasi yang hampir sama dengan model lingkungan-tergantung.	Penyimpangan hasil ramalan posisi terhadap posisi aktual masih terlalu jauh (3m untuk jarak 20m aktual) Dilakukan dengan jaringan saraf berulang yang memungkinkan memasukkan sinyal informasi dengan jumlah AP berapapun.	Penggunaan metode pengukuran jarak pada penelitian yang akan dilaksanakan menggunakan konversi signal strenght (dBm) ke jarak (meter)

Tabel 2.1. (Lanjutan)

No	Judul	Peneliti, Media Publikasi, dan Tahun	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran atau Kelemahan	Perbandingan
5	tp-2017-Samaneh-Enhancing Wi-Fi based Indoor Positioning using Fingerprinting Methods by Implementing Neura Networks Algorithm in Real Environment	Samaneh, Iman, A, Salwani M D, Noor AA, Nur SN A A, Nurul S, Nur Qamarina Mohd Noor, Medwell JournalsUniversiti Teknologi Malaysia (UTM), Vol.10, No.9 2017	Penggunaan algoritma kNN dalam indoor positioning.	Dalam penelitian ini, algoritma kNN akan semakin presisi bilamana semakin banyak wireless client yang digunakan.	Algoritma kNN yang digunakan dalam penelitian ini digunakan di dalam ruangan / gedung. Alangkah lebih baik apa bila bisa digunakan pada ruang terbuka / outdoor.	Penelitian ini memiliki persamaan dengan penelitian yang akan dilakukan dalam hal pengukuran jarak perbedaan pada cara menentukan posisi obyek. rekomendasi dari penelitian ini implementasi di outdoor
6	Android Smartphone Location Detection on Indoor Using Trilateration Method and Kalman Filter	Rony Try Haryanto, International Journal of Computer Techniques – Volume 5 Issue 3, May – June 2018	mendeteksi lokasi menggunakan metode trilaterasi yang kemudian akan memfilter RSS yang diterima menggunakan Filter Kalman yang diharapkan dapatkan hasil yang lebih akurat	Formula FSPL dapat digunakan untuk konversi RSS feed menjadi jarak dengan hasil yang mendekati benar dengan menggunakan Kalman filter dapat meminimalkan noise pada data yang diukur RSS. Hasil pengujian tanpa menggunakan deteksi filter Kalman menunjukkan penyimpangan rata-rata 2,5 meter.	Untuk penelitian lebih lanjut bisa dilakukan dengan jarak yang lebih jauh dan ruang yang lebih besar, kondisi di dalam ruangan yang lebih bervariasi dengan banyak kendala di dalamnya atau perangkat elektronik yang bisa menggambarkan kondisi ideal.	Penelitian ini dilakukan di ruang tertutup dengan ukuran kecil. Penelitian yang akan dilaksanakan menggunakan ruang terbuka yang lebih luas sebagaimana rekomendasi dari penelitian ini. Dari sisi metode, Trilaterasi dalam penelitian ini digunakan sebagai dasar triangulasi pada penelitian yang akan dilakukan.

### 2.3. Landasan Teori

Dalam proses analisis penelitian ini, melibatkan beberapa teori dan rumus-rumus tertentu. Untuk itu perlu disampaikan landasan teori yang dipakai sebagai berikut:

#### a. *Receive Signal Strength Indicator (RSSI)*

Penghitungan jarak obyek wifi dari setiap AP menggunakan daya sinyal (*signal strength*) yang diterima oleh obyek wifi, biasa diistilahkan dengan *Receive Signal Strength Indicator (RSSI)*. RSSI merupakan salah satu standar ukuran daya sinyal yang diterima oleh perangkat wifi. Besarnya sinyal wifi yang diterima diberikan satuan dBm. Besarnya RSSI berbanding terbalik dengan jarak antara obyek wifi dengan AP yang memancarkan sinyal.

Formula hubungan RSSI dan jarak tersebut adalah sebagai berikut:  $RSSI (dBm) = A - 10 \cdot n \cdot \log(d)$ . (Ambili Thottam Parameswaran et al., 2009). Dengan membalik persamaan, maka jarak ( $d$ ) bisa didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:  $d(meter) = 10^{(A-RSSI)/10 \cdot n}$ . (Ambili Thottam Parameswaran et al., 2009).

Adapun penjelasan dari masing-masing variabel adalah sebagai berikut:  $d$  adalah jarak antara AP sebagai *transmitter* (pemancar) dan obyek wifi sebagai *receiver* (penerima) dalam satuan meter.  $A$  adalah daya sinyal yang diterima oleh obyek wifi pada jarak 1 meter dalam satuan dBm. RSSI adalah daya sinyal yang diterima oleh obyek wifi (*receiver*) dalam satuan dBm.  $n$  merupakan eksponen *pathloss*, yang memiliki nilai berbeda untuk setiap lingkungan yang

berbeda. pada tabel 2.2. ditunjukkan tabel nilai *pathloss*, untuk beberapa lingkungan.

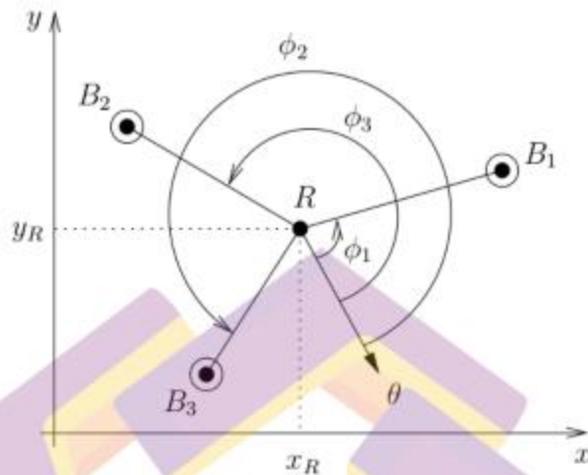
Tabel 2.2. *Path LossExponent* untuk berbagai lingkungan (Vinko Erceg et al., 1999).

Environment	Path Loss Exponent, n
Free Space	2
Urban area cellular radio	2.7 up to 3.5
Shadowed urban cellular radio	3 up to 5
In building Line-of-Sight	1.6 up to 1.8
Obstructed in factories	2 up to 3

#### b. Metode Tringulasi

Perhitungan menggunakan metode Triangulasi digunakan untuk mencari koordinat yang paling dekat dengan koordinat obyek yang sesungguhnya. Semakin banyak pengukuran dan AP/client yang digunakan, hasil perhitungannya akan semakin mendekati jarak sesungguhnya.

Metode Triangulasi yang digunakan dalam penelitian ini mengadopsi formula Triangulasi dari Pierlot Vincent, dkk dari Montefiore Research Institute, University of Liège, Belgium, 2014. Mereka melakukan modifikasi formula Triangulasi dan menggunakannya untuk membuat aplikasi yang bisa melacak posisi koordinat robot di lingkungan dalam ruang (*indoor*), konsepnya bisa dilihat pada gambar 2.1.berikut ini:



Gambar 2.1. Gambaran Algoritma Obyek Triangulasi

Formula Triangulasi yang sudah dimodifikasi ini memungkinkan pelacakan posisi koordinat robot yang bergerak secara dinamis. Selain itu juga diklaim lebih komprehensif dan dinamis, sehingga sesuai untuk diterapkan pada penelitian ini, karena sama-sama bersifat dinamis..

Adapun formula Triangulasi yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

Diketahui koordinat dari AP<sub>1</sub>, AP<sub>2</sub>, dan AP<sub>3</sub> adalah (x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>), (x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>), (x<sub>3</sub>, y<sub>3</sub>), dan dari pengukuran yang sudah dilakukan, didapatkan sudut antara lain: α<sub>1</sub>, α<sub>2</sub>, α<sub>3</sub>, maka formulasinya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung koordinat dari RSSI yang didapat:

$$x'_1 = x_1 - x_2,$$

$$y'_1 = y_1 - y_2,$$

$$x'_3 = x_3 - x_2,$$

$$y'_3 = y_3 - y_2,$$

2. Menghitung cotangen dari tiga sudut yang didapatkan:

$$T_{12} = \cot(\alpha_2 - \alpha_1),$$

$$T_{23} = \cot(\alpha_3 - \alpha_2),$$

$$T_{31} = (1 - T_{12} \cdot T_{23}) / (T_{12} + T_{23})$$

3. Menghitung koordinat pusat lingkaran hasil pengukuran:

$$x'_{12} = x'_1 + T_{12} y'_1,$$

$$y'_{12} = y'_1 - T_{12} x'_1,$$

$$x'_{23} = x'_3 - T_{23} y'_3,$$

$$y'_{23} = y'_3 + T_{23} x'_3,$$

$$x'_{31} = (x'_3 + x'_1) + T_{31} (y'_3 - y'_1),$$

$$y'_{31} = (y'_3 + y'_1) - T_{31} (x'_3 - x'_1),$$

4. Menghitung nilai  $k'_{31}$ :

$$k'_{31} = x'_1 x'_{31} + y'_1 y'_{31} + T_{31} (x'_1 y'_{31} - x'_{31} y'_1),$$

5. Mencari nilai dari D (jika  $D = 0$ , berarti salah):

$$D = (x'_{12} - x'_{23})(y'_{23} - y'_{31}) - (y'_{12} - y'_{23})(x'_{23} - x'_{31}),$$

6. Mencari koordinat obyek  $(x_R, y_R)$ :

$$x_R = x_2 + ((k'_{31}(y'_{12} - y'_{23})) / D),$$

$$y_R = y_2 + ((k'_{31}(x'_{23} - x'_{12})) / D).$$

### c. Perhitungan Akurasi

Akurasi atau *location error* adalah perhitungan rata-rata dari jarak AP ke obyek sebenarnya dikurangi dengan jarak AP ke obyek perkiraan/hasil perhitungan. Semakin kecil nilai penyimpangan akurasi, maka dikatakan semakin baik tingkat akurasi. Sebaliknya, semakin besar nilai yang didapat maka tingkat akurasi semakin kecil (Niken N N N, 2018).

Akurasi dapat juga dianggap sebagai besarnya deviasi dari sebuah sistem lokalisasi, sehingga jika deviasi semakin kecil maka sistem akan semakin baik. Perhitungan akurasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan formula *Euclidean*.

Jarak euclidean merupakan perhitungan jarak antara dua buah titik dalam lingkup *Euclidean*, formula ini diperkenalkan oleh seorang matematikawan dari Yunani. Untuk mempelajari hubungan antara sudut dan jarak. *Euclidean* ini biasanya diterapkan pada dua dimensi dan tiga dimensi. Tapi juga lebih mudah jika diterapkan pada dimensi yang lebih tinggi.

Jarak *euclidean* merupakan jarak yang paling umum yang digunakan untuk data numerik, untuk dua titik data  $x$  dan  $y$  dalam ruang  $d$ -dimensi. Adapun formula *Euclidean* memiliki persamaan sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2}$$

dengan nilai:

- a.  $d$ : jarak antara dua titik koordinat
- b.  $(x,y)$ : titik koordinat posisi satu
- c.  $(x',y')$ : titik koordinat posisi dua/ yang lain

Dengan menggabungkan hasil perhitungan algoritma Triangulasi yang sudah dimodifikasi di dalam formula *Euclidean*, maka didapatkan formula sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(x - x_R)^2 + (y - y_R)^2}$$

Dimana  $(x,y)$  adalah koordinat sebenarnya, sedangkan  $(x_R, y_R)$  adalah koordinat hasil pengukuran.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Jenis, Sifat, dan Pendekatan Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah jenis penelitian eksperimen, yaitu penelitian yang bertujuan mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel lain dalam kondisi yang terkendali (Program MTI Universitas AMIKOM, 2017). Penelitian ini mendorong penulis untuk melakukan percobaan atau eksperimen dalam rangka mengetahui pengaruh variabel jumlah AP terhadap akurasi penentuan posisi koordinat obyek menggunakan wifi.

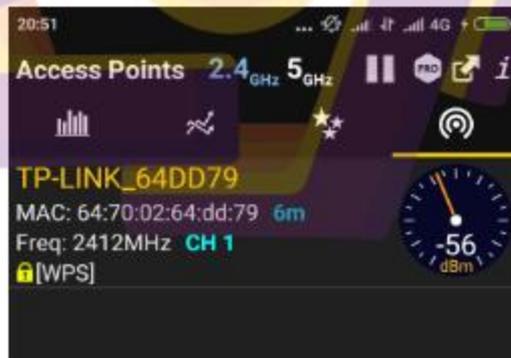
Berdasarkan sifatnya, penelitian ini termasuk penelitian kausal di mana akan diteliti hubungan sebab akibat dengan rancangan yang secara nyata terdapat kelompok perlakuan dan kelompok kontrol dan membandingkan hasil perlakuan dengan kontrol (Program MTI Universitas AMIKOM, 2017). Hubungan sebab akibat yang dimaksud adalah jumlah AP dan akurasi penentuan posisi koordinat obyek dengan metode triangulasi.

Pendekatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pendekatan Kuantitatif, di mana data diperoleh dalam wujud numerik dan diobservasi untuk mendapatkan hubungan data numerik terhadap hasil yang juga berwujud numerik. Pada eksperimen yang dilakukan, diperlukan tiga, empat, lima, enam, tujuh, delapan, dan sembilan buah akses point (AP) sebagai miniatur base station yang posisi koordinat koordinatnya telah diketahui/ditetapkan. Obyek wifi memiliki posisi koordinat yang



sebagai obyek yang akan dicari titik koordinatnya dengan algoritma triangulasi, adalah perangkat perangkat ponsel merk Redmi Note 5A yang didalamnya dipasang aplikasi wifi analyzer. Tampilan aplikasi ditunjukkan pada gambar 3.2. Alat ukur ini ditempatkan pada koordinat-koordinat obyek untuk mendapatkan data nilai RSSI dari pancaran masing-masing AP. Obyek di sini adalah sebuah perangkat elektronik yang mendukung penerimaan sinyal wifi yang dalam penulisan dinotasikan dengan O. Pada eksperimen ini, O diwakili oleh alat ukur tersebut.

O ditempatkan pada area yang tercover oleh pancaran sinyal wifi dari AP, di mana pada batasan masalah telah diberikan yaitu sejauh 40 meter searah sumbu X (arah selatan) dan 40 meter arah sumbu Y (arah timur). Pada cakupan area tersebut dipastikan sinyal pancaran wifi dari semua AP bisa diterima dengan baik & bisa diukur.



Gambar 3.2. Tampilan aplikasi Wifi Analyzer di ponsel

Salah satu tahap pengambilan data adalah menentukan *pathloss* dengan cara mengukur RSSI pada jarak tertentu yang sudah ditetapkan, kemudian dengan rumus

konversi RSSI – Jarak, dihitung eksponen pathloss-nya. Dalam menentukan pathloss, diberikan hambatan berupa interferensi sinyal wifi 802.11 dengan channel yang sama dengan channel pancaran AP.

Dalam eksperimen direncanakan penempatan masing-masing AP dan Obyek. Penempatan ini diilustrasikan pada gambar 3.3. Pada gambar tersebut, AP digambarkan dengan lingkaran kecil yang memancar sedangkan obyek digambarkan dengan kotak kecil yang memancar. Adapun tentang penempatannya, AP<sub>1</sub> ditempatkan di koordinat (0,0), AP<sub>2</sub> di (40,0), AP<sub>3</sub> di (40,40), AP<sub>4</sub> di (0,40), AP<sub>5</sub> di (0,27.5 ), AP<sub>6</sub> di (20,27.5), AP<sub>7</sub> di (20,40), AP<sub>8</sub> di (30,20), dan AP<sub>9</sub> di (10,10). Penempatan obyek O<sub>1</sub> di koordinat (30,25), dan O<sub>2</sub> di (5,15).

Pada proses pengumpulan data, dibuat lembar kerja untuk mencatat hasil perolehan data di lapangan. gambaran lembar kerja ditunjukkan pada gambar 3.4. berikut. Pada lembar kerja, telah direncanakan atau ditentukan titik-titik koordinat masing-masing AP dan obyek-obyek yang akan dihitung titik koordinatnya. Nilai A didapatkan dari pengukuran RSSI setiap AP pada jarak satu meter. Data RSSI dicatat setiap 4 detik sebanyak 15 kali pada setiap titik obyek per AP. Rerata merupakan rata-rata dari nilai kelimabelas data RSSI yang tercatat.



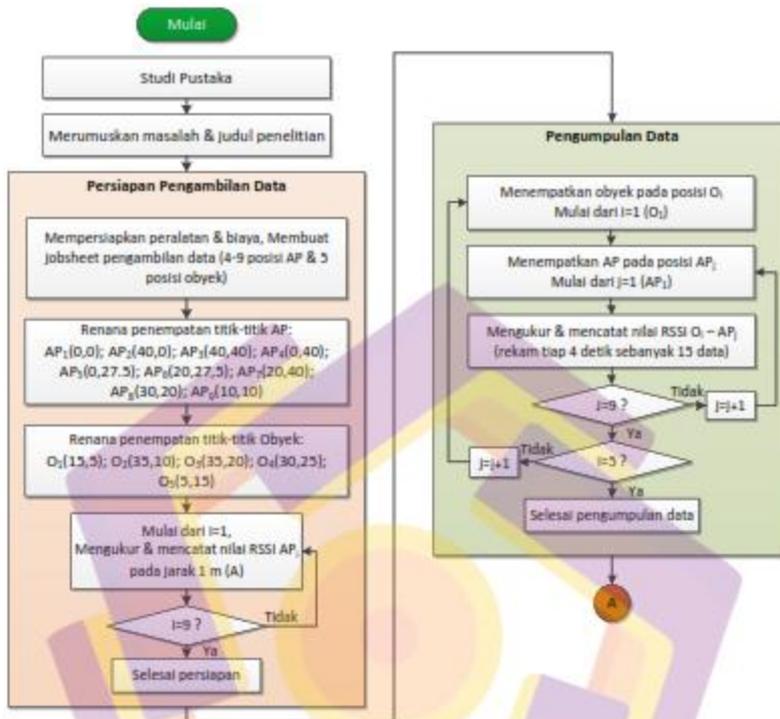
### 3.3. Metode Analisis Data

Data dari hasil eksperimen pengumpulan data didapatkan data numerik yang selanjutnya dilakukan pengolahan data. dengan menghitung jarak menggunakan metode eksponensi RSSI, selanjutnya penghitungan koordinat posisi koordinat obyek wifi dilakukan dengan metode triangulasi.

Hasil-hasil analisis perkiraanposisi koordinat obyek wifi ditampilkan dalam bentuk grafik kemudian dianalisis dalam rangka menjawab rumusan masalah yang telah dikemukakan di depan, sekaligus mendapatkan kesimpulan berdasarkan sekumpulan fakta yang ada.

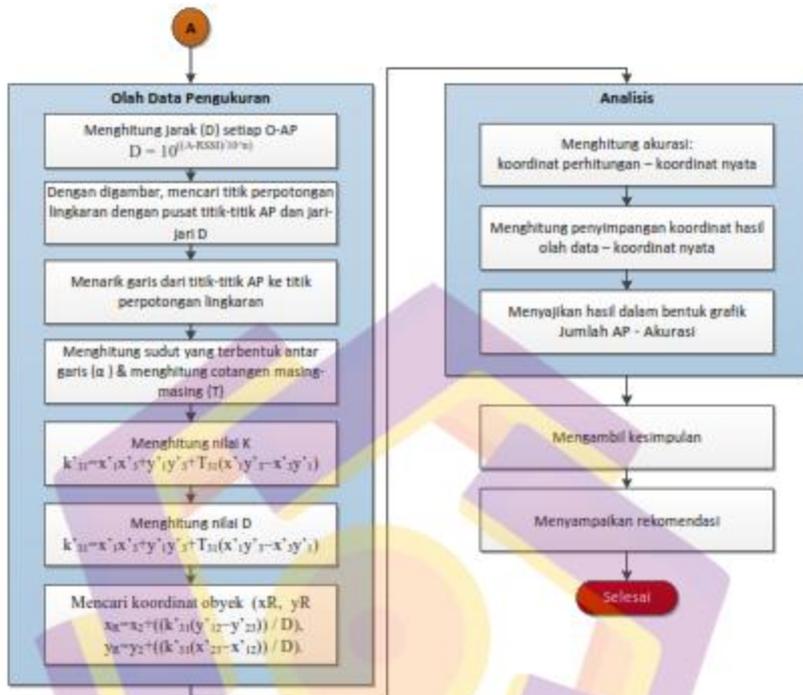
### 3.4. Alur Penelitian

Pelaksanaan penelitian direncanakan melalui beberapa tahap, mulai dari studi pustaka, perumusan masalah, persiapan pengumpulan data, pengumpulan data, olah data & analisis, dan seterusnya. Lebih detil tentang tahapan-tahapan tersebut, digambarkan pada bagan gambar 3.5 dan 3.6 berikut.



Gambar 3.5. Bagan alur penelitian dari Mulai – Pengumpulan data

Bagan alur menerangkan bahwa pengambilan data diawali dengan perencanaan dan persiapan. Selanjutnya mulai terjun di lapangan dan menempatkan posisi koordinat AP pada titik-titik yang telah ditetapkan dalam rancangan. Pengukuran pertama adalah mengukur kekuatan sinyal wifi AP pada jarak 1 meter dan dicatat sebagai nilai kekuatan pancaran AP dengan notasi variabel A. Pengukuran RSSI dimulai dan diamati setiap 4 detik dicatat pada lembar kerja hasil rancangan.

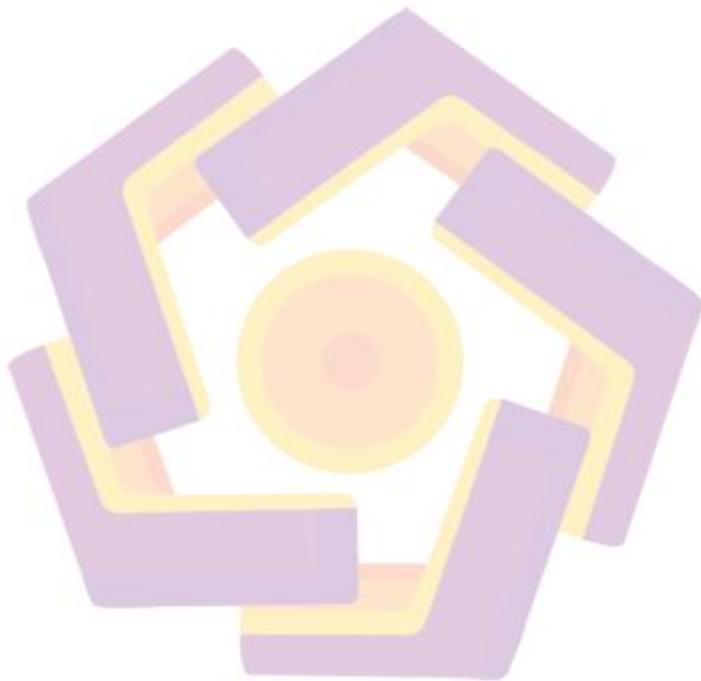


Gambar 3.6. Bagan alur penelitian dari Olah Data – Selesai

Bagan alur gambar 3.6. menggambarkan alur perhitungan dan analisis. Perhitungan mengikuti algoritma triangulasi, yaitu menghitung jarak ukur dengan berbasis data rerata RSSI dari lembar kerja. Selanjutnya menggambar berdasarkan hasil jarak ukur sebagai jari-jari lingkaran dengan pusat masing-masing AP. Dari gambar tampak perpotongan lingkaran yang merupakan perkiraan posisi koordinat obyek.

Langkah selanjutnya adalah pengukuran sudut antar AP yang nantinya digunakan dalam perhitungan untuk validasi perkiraan posisi koordinat dengan semua posisi koordinat AP yang digunakan. Setelah didapatkan sudutnya, menghitung

cotangen dari masing-masing nilai sudut untuk mendapatkan nilai koefisien K. Nilai K digunakan untuk mendapatkan nilai D yang pada akhirnya nilai D digunakan untuk menghitung dan mendapatkan titik koordinat  $X_R, Y_R$ .



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Pengambilan Data Primer

Langkah awal dalam pengambilan data adalah merencanakan titik-titik obyek dan AP serta cara pengukurannya. Titik-titik obyek ditentukan sebanyak 2 titik pada koordinat  $O_1(30,25)$ ,  $O_2(5,15)$ . Titik-titik AP sebanyak 9 titik, ditentukan pada koordinat  $AP_1(0,0)$ ,  $AP_2(40,0)$ ,  $AP_3(40,40)$ ,  $AP_4(0,40)$ ,  $AP_5(0,27.5)$ ,  $AP_6(20,27.5)$ ,  $AP_7(20,40)$ ,  $AP_8(30,20)$ , dan  $AP_9(10,10)$ .

Rancangan tersebut selanjutnya dibuat menjadi lembar kerja yang akan diisi dengan data-data hasil pengukuran di lapangan. Pada lembar meliputi variabel koordinat obyek, koordinat AP, nilai A hasil pengukuran, konstanta *pathloss* yang ditentukan menyesuaikan keadaan lingkungan merujuk pada tabel 2.2, dan nilai RSSI hasil pengukuran.

Pengukuran RSSI digunakan alat pengukur kekuatan sinyal berupa aplikasi Wifi analyzer yang diinstal pada ponsel yang mendukung wifi standar 802.11. Prinsip kerjanya adalah menerima pancaran sinyal wifi dari AP dan menampilkan kekuatan sinyal yang ditangkap dalam satuan dBm. Tampilan pengukur kekuatan sinyal ditunjukkan pada gambar 4.1.

Proses pengambilan data, dimulai dengan mengukur kekuatan sinyal AP pada jarak 1 meter. Pada tabel lembar kerja hasil pengukuran ini dinotasikan sebagai A. Selanjutnya menempatkan AP pada koordinat yang telah direncanakan

dan menempatkan alat pengukur kekuatan sinyal pada posisi koordinat Obyek yang telah ditentukan.



Gambar 4.1. Tampilan aplikasi wifi analyzer di layar ponsel

Proses selanjutnya adalah mencari nilai pathloss ( $n$ ) dengan mengukur RSSI pada jarak yang telah diketahui/ditetapkan. Hambatan berupa interferensi diberikan pada saat mengukur RSSI ini karena yang akan dicari adalah pathloss ketika ada hambatan interferensi. Dengan menggunakan formula konversi RSSI-Jarak maka  $n$  bisa diketahui. Hasil dari pengambilan data RSSI untuk penentuan pathloss ditunjukkan pada tabel 4.1. berikut.

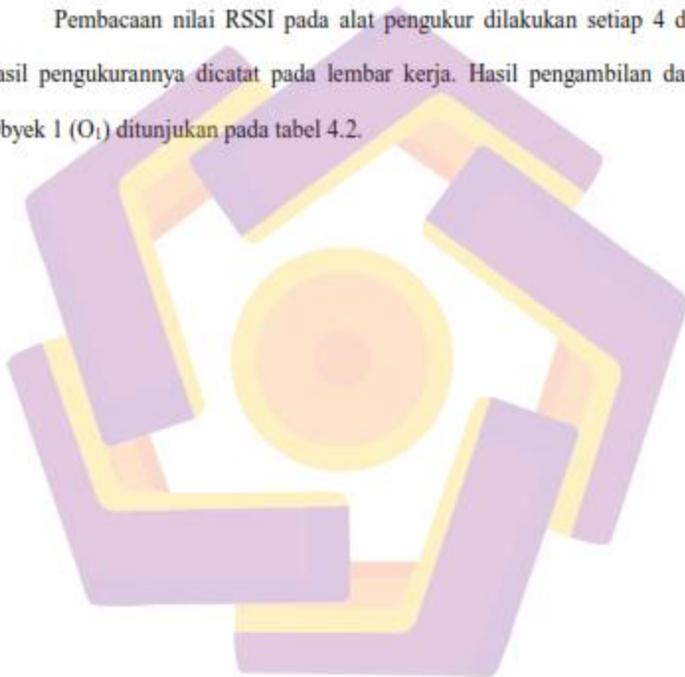
Tabel 4.1. Data pengukuran pathloss AP dengan hambatan interferensi

Jarak (m)	Pengukuran RSSI															Rerata	n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
2	-33	-33	-33	-33	-33	-32	-34	-33	-33	-33	-33	-31	-34	-33	-33	-32.93	1.97
5	-41	-41	-41	-41	-40	-41	-41	-41	-43	-40	-41	-41	-41	-41	-41	-41.00	2.00
10	-46	-46	-46	-47	-47	-47	-47	-47	-46	-47	-47	-47	-46	-46	-46	-46.93	1.99
20	-53	-54	-51	-53	-55	-55	-53	-53	-53	-53	-53	-51	-53	-52	-52	-52.93	1.99
40	-60	-60	-59	-59	-59	-60	-61	-61	-61	-60	-62	-60	-60	-60	-60	-60.13	2.07

Berdasarkan pengukuran dihasilkan data pengukuran pathloss di atas, didapatkan rerata pathloss ( $n$ ) adalah 2.01. Nilai pathloss ini yang digunakan

untuk menghitung jarak berdasarkan pengukuran RSSI dalam penentuan posisi koordinat obyek, karena pada saat penentuan tersebut memang diberikan interferensi dengan spesifikasi peng-interferensi yang sama dengan peng-interferensi saat penentuan pathloss. Adapun daya sinyal peng-interferensi adalah  $A=-27$ .

Pembacaan nilai RSSI pada alat pengukur dilakukan setiap 4 detik dan hasil pengukurannya dicatat pada lembar kerja. Hasil pengambilan data untuk Obyek 1 ( $O_1$ ) ditunjukkan pada tabel 4.2.



Tabel 4.2. Hasil pengukuran RSSI setiap AP ke obyek O<sub>1</sub>(30,25)

AP	Koordinat AP		Koordinat Obyek		A (dBm)	Pengukuran RSSI (dBm)														
	X	Y	X	Y		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	30	25	-25	-58	-60	-58	-58	-58	-58	-61	-59	-57	-59	-59	-60	-58	-58	-58,67
2	40	0	30	25	-25	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-55	-54	-54	-54	-54	-54	-70,00
3	40	40	30	25	-25	-51	-51	-52	-52	-52	-51	-51	-52	-51	-51	-51	-49	-50	-51	-51,07
4	0	40	30	25	-25	-59	-59	-58	-58	-58	-60	-58	-58	-58	-60	-58	-59	-59	-59	-58,60
5	0	27,5	30	25	-25	-58	-57	-58	-57	-58	-58	-57	-57	-57	-60	-60	-59	-59	-59	-58,07
6	20	27,5	30	25	-25	-45	-43	-44	-43	-42	-43	-43	-43	-43	-44	-42	-42	-43	-42	-42,87
7	20	40	30	25	-25	-51	-51	-52	-52	-52	-51	-51	-52	-51	-51	-51	-49	-50	-51	-51,07
8	30	20	30	25	-25	-31	-29	-36	-35	-34	-35	-34	-36	-37	-38	-36	-37	-30	-37	-34,87
9	10	10	30	25	-25	-54	-53	-55	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-55	-54,13

Kolom pertama bertitel "AP" adalah identitas AP, kolom kedua dan ketiga masing-masing adalah data posisi koordinat AP pada sumbu X dan Y. Berikutnya kolom ke-empat dan ke-lima adalah posisi koordinat obyek pada sumbu X dan Y. semua nilai tersebut telah ditentukan sebelumnya pada lembar kerja yang dibuat. Selanjutnya kolom A merupakan data nilai hasil pengukuran RSSI dari setiap AP pada jarak satu meter. Pada kolom "Pengukuran RSSI" adalah data-data hasil pengukuran RSSI di lapangan.

Kolom terakhir adalah Rerata, merupakan hasil perhitungan rata-rata dari data yang RSSI hasil pengukuran sebanyak 15 data di kolom sebelah kirinya. Hasil pengambilan data untuk Obyek 2 (O<sub>2</sub>) dengan 9 buah AP ditunjukkan pada tabel 4.3. berikut

Tabel 4.3. Hasil pengukuran RSSI setiap AP ke obyek O<sub>2</sub>(5,15)

AP	Koordinat AP		Koordinat Obyek		A (dBm)	Pengukuran RSSI (dBm)															Rerata
	X	Y	X	Y		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	0	0	5	15	-25	-49	-49	-52	-50	-50	-48	-48	-48	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-49	-48,60
2	40	0	5	15	-25	-65	-66	-62	-63	-63	-64	-64	-63	-63	-63	-66	-66	-63	-63	-63	-68,00
3	40	40	5	15	-25	-64	-61	-63	-63	-63	-65	-64	-64	-64	-64	-63	-64	-64	-64	-64	-63,60
4	0	40	5	15	-25	-54	-53	-55	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-55	-55	-54,13
5	0	27,5	5	15	-25	-49	-45	-45	-43	-44	-45	-44	-43	-43	-43	-43	-45	-45	-45	-47	-44,60
6	20	27,5	5	15	-25	-54	-53	-53	-52	-55	-54	-54	-53	-54	-52	-53	-54	-53	-53	-53	-53,33
7	20	40	5	15	-25	-56	-56	-54	-54	-53	-53	-53	-53	-54	-54	-53	-53	-53	-53	-53	-53,67
8	30	20	5	15	-25	-54	-53	-55	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-54	-55	-55	-54,13
9	10	10	5	15	-25	-39	-40	-40	-41	-40	-39	-40	-42	-39	-39	-38	-42	-39	-40	-38	-39,73

Variabel-variabel dan konstanta pada tabel 4.3 sama dengan pada tabel 4.2. Perbedaan pada data hasil pengukuran RSSI-nya. Data-data pada tabel 4.2. dan tabel 4.3. merupakan bahan untuk dilakukan perhitungan jarak dan triangulasi untuk menentukan titik perkiraan posisi koordinat obyek yang selanjutnya dibandingkan dengan posisi koordinat obyek yang sesungguhnya

#### 4.1. Pengukuran Jarak dengan metode RSSI

Penghitungan jarak berdasarkan RSSI, digunakan rumus berikut:  
 $d(\text{meter}) = 10^{((A-RSSI)/10,n)}$  (Ambili Thottam Parameswaran et al., 2009).  
 sehingga didapatkan jarak ukur masing-masing AP terhadap Obyek 1 sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.4. berikut.

Tabel 4.4. Hasil penghitungan jarak Obyek 1 dengan AP

AP	Koordinat AP		Koordinat Obyek		A (dBm)	RSSI (dBm)	D (meter)
	X	Y	X	Y			
1	0	0	30	25	-25	-58.67	48.23
2	40	0	30	25	-25	-70.00	177.83
3	40	40	30	25	-25	-51.07	20.11
4	0	40	30	25	-25	-58.60	47.86
5	0	27.5	30	25	-25	-58.07	45.01
6	20	27.5	30	25	-25	-42.87	7.82
7	20	40	30	25	-25	-51.07	20.11
8	30	20	30	25	-25	-34.87	3.11
9	10	10	30	25	-25	-54.13	28.62

Jarak ukur masing-masing AP terhadap Obyek 2 ditunjukkan pada tabel 4.5. berikut.

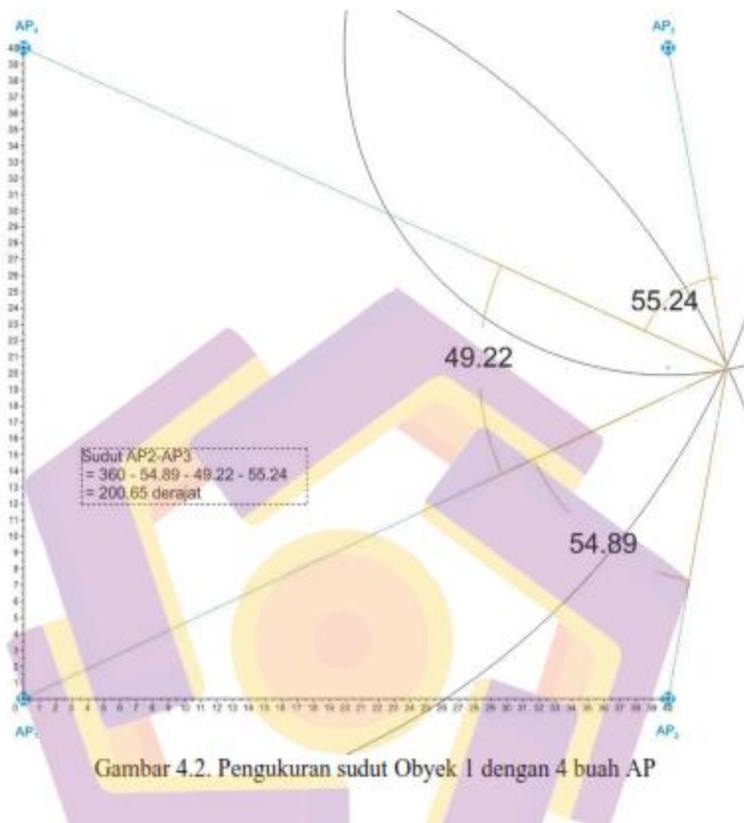
Tabel 4.5. Hasil penghitungan jarak Obyek 2 dengan AP

AP	Koordinat AP		Koordinat Obyek		A (dBm)	RSSI (dBm)	D (meter)
	X	Y	X	Y			
1	0	0	5	15	-25	-48.60	15.14
2	40	0	5	15	-25	-68.00	141.25
3	40	40	5	15	-25	-63.60	85.11
4	0	40	5	15	-25	-54.13	28.62
5	0	27.5	5	15	-25	-44.60	9.55
6	20	27.5	5	15	-25	-53.33	26.10
7	20	40	5	15	-25	-53.67	27.12
8	30	20	5	15	-25	-54.13	28.62
9	10	10	5	15	-25	-39.73	5.45

#### 4.2. Penghitungan Koordinat dengan Metode Triangulasi

Data hasil pengukuran digunakan untuk menggambar di mana jarak masing-masing AP ke Obyek merupakan jari-jari lingkaran yang berpusat di masing-masing AP. Perpotongan lingkaran yang terbentuk merupakan titik perkiraan awal yang akan dilakukan perhitungan posisi koordinat obyek dengan metode triangulasi dengan 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 buah AP.

Gambar pengukuran sudut yang didapatkan pada Obyek 1 dengan 4 buah AP ditunjukkan pada gambar 4.2. Dari hasil gambar dan sudut-sudut yang terbentuk tersebut, maka pengukuran sudut direkapitulasi bentuk tabel sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.6..



Tabel 4.6. Hasil pengukuran sudut antar AP

No	AP	Koordinat		RSSI (dbm)	Jarak Ukur (m)	Sudut			
		X	Y			AP1	AP2	AP3	AP4
1	AP 1	0	0	-48.60	15.14	0	130	196	258
2	AP 2	40	0	-54.13	28.62	230	0	66	129
3	AP 3	40	40	-63.60	85.11	164	294	0	63
4	AP 4	0	40	-63.80	87.10	102	231	297	0

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan algoritma triangulasi yang hasilnya direkapitulasi dalam bentuk tabel.

Hasil perhitungan penentuan posisi koordinat obyek 1 dengan 4 buah AP ditunjukkan pada tabel 4.7. Hasil dari perhitungan dengan algoritma triangulasi, didapatkan koordinat  $x,y = (18,72,19,35)$ . Obyek nyata berada pada posisi koordinat (30,25), dengan demikian bisa didapatkan penyimpangannya (*euclidean*) sebesar 12.62 meter.

Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Obyek 1 dengan 4 AP

4 AP	Koordinat		RSSI (dBm)	Jarak Ukur (meter)	Sudut Ukur (derajat)
	X	Y			
AP1	0	0	-58,67	48,23	54,89
AP2	40	0	-70,00	177,83	200,65
AP3	40	40	-51,07	20,11	55,24
AP4	0	40	-58,60	47,86	49,22

Hasil perhitungan penentuan posisi koordinat obyek 1 dengan 5 buah AP ditunjukkan pada tabel 4.8. Hasil dari perhitungan dengan algoritma triangulasi, didapatkan koordinat  $x,y = (19,12,19,6)$ . Obyek nyata berada pada posisi koordinat (30,25), dengan demikian bisa didapatkan penyimpangannya (*euclidean*) sebesar 12.15 meter. dibandingkan dengan penggunaan 4 AP, penyimpangan yang lebih kecil dari penggunaan 5 AP menunjukkan bahwa akurasi lebih baik.

Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Obyek 1 dengan 5 AP

5 AP	Koordinat		RSSI (dBm)	Jarak Ukur (meter)	Sudut Ukur (derajat)
	X	Y			
AP1	0	9	-58,67	48,23	54,89
AP2	40	0	-70,00	177,83	200,65
AP3	40	40	-51,07	20,11	55,24
AP4	0	40	-58,60	47,86	15,56
AP5	0	27,5	-58,07	45,01	33,66

Hasil perhitungan penentuan posisi koordinat obyek 1 dengan 6 buah AP ditunjukkan pada tabel 4.9. berikut. Hasil dari perhitungan dengan algoritma triangulasi, didapatkan koordinat  $x,y = (35.43,14.34)$ . Obyek nyata berada pada posisi koordinat (30,25), dengan demikian bisa didapatkan penyimpangannya (*euclidean*) sebesar 11.96meter. Hal ini berarti akurasi lebih baik jika dibandingkan dengan penggunaan 5 AP.

Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Obyek 1 dengan 6 AP

6 AP	Koordinat		RSSI (dBm)	Jarak Ukur (meter)	Sudut Ukur (derajat)
	X	Y			
AP1	0	9	-58,67	48,23	77,5
AP2	40	0	-70,00	177,83	115,0
AP3	40	40	-51,07	20,11	101,0
AP4	20	27,5	-58,60	47,86	10,0
AP5	0	27,5	-58,07	45,01	15,0
AP6	0	40	-42,87	7,82	48,0

Hasil perhitungan penentuan posisi koordinat obyek 1 dengan 7 buah AP ditunjukkan pada tabel 4.10. berikut. Hasil dari perhitungan dengan algoritma triangulasi, didapatkan koordinat  $x,y = (27.80,33.65)$ . Obyek nyata berada pada posisi koordinat (30,25), dengan demikian bisa didapatkan penyimpangannya (*euclidean*) sebesar 8.93meter. Hal ini berarti akurasi penggunaan 7 AP paling baik jika dibandingkan dengan penggunaan 4, 5, dan 6 AP.

Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Obyek 1 dengan 7 AP

7 AP	Koordinat		RSSI (dBm)	Jarak Ukur (meter)	Sudut Ukur (derajat)
	X	Y			
AP1	0	0	-58,67	48,23	154,3
AP2	40	0	-70,00	177,83	61,6
AP3	40	40	-51,07	20,11	19,98
AP4	20	27,5	-58,60	47,86	5,93
AP5	20	40	-58,07	45,01	31,04
AP6	0	40	-42,87	7,82	9,5
AP7	0	27,5	-51,07	20,11	77,97

Hasil perhitungan penentuan posisi koordinat obyek 1 dengan 8 buah AP ditunjukkan pada tabel 4.11. berikut. Hasil dari perhitungan dengan algoritma triangulasi, didapatkan koordinat  $x,y = (25.00,20.11)$ . Obyek nyata berada pada posisi koordinat (30,25), dengan demikian bisa didapatkan penyimpanganya (*euclidean*) sebesar 6.99 meter. Hal ini berarti akurasi penggunaan 8 AP semakin baik dibandingkan penggunaan 4, 5, 6, dan 7 buah AP.

Tabel 4.11. Hasil Perhitungan Obyek 1 dengan 8 AP

8 AP	Koordinat		RSSI (dBm)	Jarak Ukur (meter)	Sudut Ukur (derajat)
	X	Y			
AP1	0	0	-58,67	48,23	65,69
AP2	30	20	-70,00	177,83	11,15
AP3	40	0	-51,07	20,11	122,66
AP4	40	40	-58,60	47,86	60,89
AP5	20	40	-58,07	45,01	31,27
AP6	0	40	-42,87	7,82	6,83
AP7	20	27,5	-51,07	20,11	15,55
AP8	0	27,5	-34,87	3,11	45,95

Hasil perhitungan penentuan posisi koordinat obyek 1 dengan 9 buah AP ditunjukkan pada tabel 4.12. berikut. Hasil dari perhitungan dengan algoritma triangulasi, didapatkan koordinat  $x,y = (34.22,22.81)$ . Obyek nyata berada pada posisi koordinat (30,25), dengan demikian bisa didapatkan penyimpanganya

(*euclidean*) sebesar 4,75 meter. Hal ini berarti akurasi penggunaan 9 AP adalah yang paling akurat dibanding dengan penggunaan 4, 5, 6, 7, dan 8 buah AP. Dengan demikian menunjukkan bahwa penggunaan 9 AP memberikan hasil paling optimal dalam penentuan posisi koordinat obyek berdasarkan capaian akurasi dalam eksperimen ini.

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Obyek 1 dengan 9 AP

9 AP	Koordinat		RSSI (dBm)	Jarak Ukur (meter)	Sudut Ukur (derajat)
	X	Y			
AP1	0	0	-58,67	48,23	65,69
AP2	30	20	-70,00	177,83	11,15
AP3	40	0	-51,07	20,11	122,66
AP4	40	40	-58,60	47,86	60,89
AP5	20	40	-58,07	45,01	31,27
AP6	0	40	-42,87	7,82	6,83
AP7	20	27,5	-51,07	20,11	15,55
AP8	0	27,5	-34,87	3,11	41,81
AP9	10	10	-54,13	28,62	4,14

Sebagai perbandingan, telah dilakukan eksperimen dengan posisi koordinat obyek yang berbeda posisi koordinatnya, yaitu di Obyek 2 dengan titik koordinat (5,15). Pada Obyek 2 ini, dilakukan pengukuran dan perhitungan yang sama dengan obyek 1, dan didapatkan hasil perhitungan penentuan posisi obyek 2 dengan 4 buah AP ditunjukkan pada tabel 4.13. berikut.

Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Obyek 2 dengan 4 AP

4 AP	Koordinat		RSSI (dBm)	Jarak Ukur (meter)	Sudut Ukur (derajat)
	X	Y			
AP1	0	0	-48,60	15,14	101,60
AP2	40	0	-68,00	141,25	62,51
AP3	40	40	-63,60	85,11	66,04
AP4	0	40	-54,13	28,62	129,85

Pada penentuan posisi Obyek 2 dengan 4 buah AP, hasil dari perhitungan dengan algoritma triangulasi didapatkan koordinat  $x,y= (28.36,29.73)$ . Obyek nyata berada pada posisi koordinat  $(5,15)$ , dengan demikian bisa didapatkan penyimpangannya (*euclidean*) sebesar 27,62 meter. Penyimpangan yang didapatkan ini masih jauh lebih besar jika dibandingkan dengan penyimpangan yang dihasilkan pada penentuan koordinat obyek 1 dengan 4 buah AP.

Pada penentuan koordinat Obyek 1 dengan penggunaan 4 buah AP didapatkan penyimpangan sebesar 12,62 meter yang menunjukkan bahwa ini lebih akurat. Terjadinya penyimpangan yang lebih besar (akurasi kecil) pada penentuan posisi obyek 2 dengan 4 AP ini, dikarenakan hasil pengukuran jarak dengan metode RSSI untuk obyek 2 cenderung kurang presisi karena titik keberadaanya rata-rata lebih jauh dari semua AP jika dibandingkan dengan titik keberadaan obyek 1.

Pada penentuan Obyek 2 dengan penggunaan 5 buah AP, dilakukan pengukuran dan perhitungan dengan metode yang sama. Hasilnya direkap dalam bentuk tabel dan didapatkan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.14. berikut.

Tabel 4.14. Hasil Perhitungan Obyek 2 dengan 5 AP

5 AP	Koordinat		RSSI (dBm)	Jarak Ukur (meter)	Sudut Ukur (derajat)
	X	Y			
AP1	0	0	-48,60	15,14	101,60
AP2	40	0	-68,00	141,25	62,51
AP3	40	40	-63,60	85,11	66,04
AP4	0	40	-54,13	28,62	13,12
AP5	0	27,5	-44,60	9,55	116,73

Pada penentuan posisi Obyek 2 dengan 5 buah AP, hasil dari perhitungan dengan algoritma triangulasi didapatkan koordinat  $x,y= (31.01,12.76)$ . Obyek

nyata berada pada posisi koordinat (5,15), dengan demikian bisa didapatkan penyimpangannya (*euclidean*) sebesar 26.11 meter. Penyimpangan sudah lebih baik dari penggunaan 4 buah AP, akan tetapi masih terlalu jauh dari akurat.

Pada penentuan Obyek 2 dengan penggunaan 6 buah AP, dilakukan pengukuran dan perhitungan dengan metode yang sama. Hasilnya direkap dalam bentuk tabel dan didapatkan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.15. berikut.

Tabel 4.15. Hasil Perhitungan Obyek 2 dengan 6 AP

6 AP	Koordinat		RSSI (dBm)	Jarak Ukur (meter)	Sudut Ukur (derajat)
	X	Y			
AP1	0	0	-48,60	15,14	77,75
AP2	40	0	-68,00	141,25	53,60
AP3	40	40	-63,60	85,11	2,07
AP4	20	27,5	-54,13	28,62	55,90
AP5	0	27,5	-44,60	9,55	2,78
AP6	0	40	-53,33	26,10	167,90

Pada penentuan posisi Obyek 2 dengan 6 buah AP, hasil dari perhitungan dengan algoritma triangulasi didapatkan koordinat  $x,y = (29.04,26.19)$ . Obyek nyata berada pada posisi koordinat (5,15), dengan demikian bisa didapatkan penyimpangannya (*euclidean*) sebesar 26.52meter. Hasil penggunaan 6 buah AP pada penentuan obyek 2 ini adalah yang terbaik jika dibandingkan dengan penggunaan 4 dan 5 AP.

Hasil pengukuran dan perhitungan penentuan posisi obyek 2 dengan 7 buah AP ditunjukkan pada tabel 4.16. berikut. Pada penentuan posisi Obyek 2 dengan 7 buah AP, hasil dari perhitungan dengan algoritma triangulasi didapatkan koordinat  $x,y = (20.26,28.01)$ . Obyek nyata berada pada posisi koordinat (5,15),

dengan demikian bisa didapatkan penyimpanganya (*euclidean*) sebesar 20.05meter.

Hasil penggunaan 7 buah AP pada penentuan obyek 2 ini adalah yang terbaik jika dibandingkan dengan penggunaan 4, 5, dan 6 buah AP. Dari penggunaan 4 sampai 7 AP pada penentuan posisi obyek 2 ini, tampak kecenderungan akurasi membaik dengan semakin banyaknya AP yang digunakan.

Tabel 4.16. Hasil Perhitungan Obyek 2 dengan 7 AP

7 AP	Koordinat		RSSI (dBm)	Jarak Ukur (meter)	Sudut Ukur (derajat)
	X	Y			
AP1	0	0	-48,60	15,14	77,75
AP2	40	0	-68,00	141,25	53,60
AP3	40	40	-63,60	85,11	2,07
AP4	20	27,5	-54,13	28,62	18,41
AP5	20	40	-44,60	9,55	37,48
AP6	0	40	-53,33	26,10	2,78
AP7	0	27,5	-53,67	27,12	167,90

Hasil pengukuran dan perhitungan penentuan posisi obyek 2 dengan 8 buah AP ditunjukkan pada tabel 4.17. berikut. Pada penentuan posisi Obyek 2 dengan 8 buah AP, hasil dari perhitungan dengan algoritma triangulasi didapatkan koordinat  $x,y = (22,76,19,79)$ . Obyek nyata berada pada posisi koordinat (5,15), dengan demikian bisa didapatkan penyimpanganya (*euclidean*) sebesar 18.39 meter. Hasil penggunaan 8 buah AP pada penentuan obyek 2 ini lebih baik akurasinya jika dibandingkan dengan penggunaan 4, 5, 6, dan 7 buah AP. Kecenderungan ini serupa dengan penentuan koordinat obyek 1 sebelumnya.

Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Obyek 2 dengan 8 AP

8 AP	Koordinat		RSSI (dBm)	Jarak Ukur (meter)	Sudut Ukur (derajat)
	X	Y			
AP1	0	0	-48,60	15,14	88,07
AP2	40	0	-68,00	141,25	35,18
AP3	30	20	-63,60	85,11	21,9
AP4	40	40	-54,13	28,62	4,55
AP5	20	27,5	-44,60	9,55	18,16
AP6	20	40	-53,33	26,10	39,27
AP7	0	40	-53,67	27,12	8,01
AP8	0	27,5	-54,13	28,62	144,87

Hasil pengukuran dan perhitungan penentuan posisi obyek 2 dengan 9 buah AP ditunjukkan pada tabel 4.18. berikut. Pada penentuan posisi Obyek 2 dengan 9 buah AP, hasil dari perhitungan dengan algoritma triangulasi didapatkan koordinat  $x,y= (10,03,25,4)$ . Obyek nyata berada pada posisi koordinat (5,15), dengan demikian bisa didapatkan penyimpanganya (*euclidean*) sebesar 11,55meter.

Tabel 4.18. Hasil Perhitungan Obyek 2 dengan 9 AP

9 AP	Koordinat		RSSI (dBm)	Jarak Ukur (meter)	Sudut Ukur (derajat)
	X	Y			
AP1	0	0	-48,60	15,14	79,05
AP2	40	0	-68,00	141,25	17
AP3	30	20	-63,60	85,11	37,93
AP4	40	40	-54,13	28,62	21,97
AP5	20	27,5	-44,60	9,55	7,35
AP6	20	40	-53,33	26,10	17,08
AP7	0	40	-53,67	27,12	39,65
AP8	0	27,5	-54,13	28,62	11,03
AP9	10	10	-39,73	5,45	128,70

Hasil penggunaan 9 buah AP pada penentuan obyek 2 ini merupakan yang terbaik berdasarkan akurasi, jika dibandingkan dengan penggunaan 4, 5, 6, 7, dan 8 buah AP. Dengan demikian bisa ditarik kesimpulan bahwa penggunaan 9

AP dalam penelitian ini, baik pada penentuan Obyek 2 maupun Obyek 1 adalah yang paling optimal dari sisi perolehan akurasinya.

#### 4.3. Analisis Akurasi

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, semua hasil direkapitulasi dan dihitung masing-masing penyimpangannya. Hasil rekapitulasi ditunjukkan pada tabel 4.19.

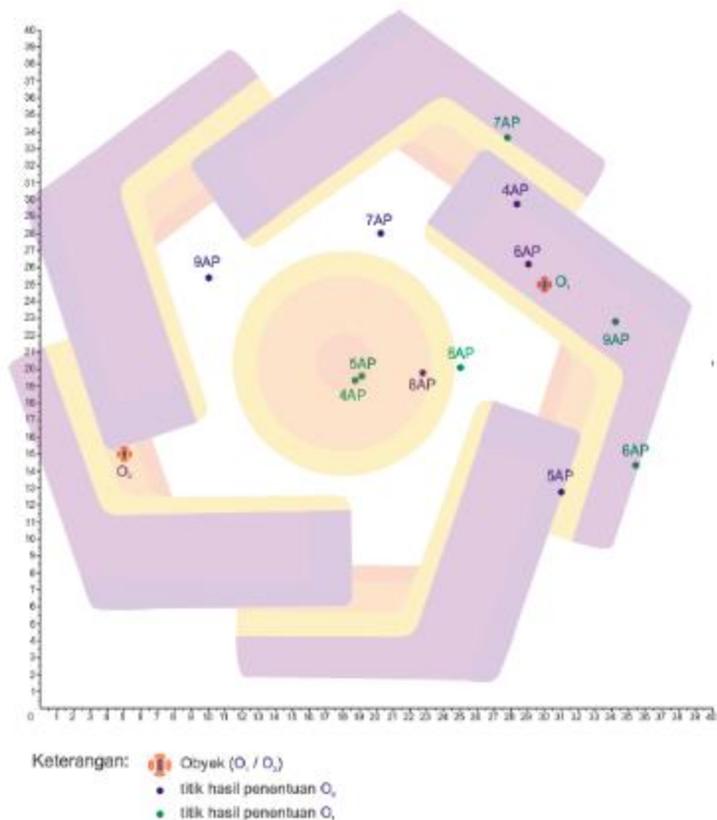
Tabel 4.19. Rekapitulasi koordinat hasil pengukuran, koordinat nyata, dan penyimpangan

Jml AP	Obyek 1					Obyek 2				
	Koordinat nyata		Koordinat perhitungan		Penyimpangan (meter)	Koordinat nyata		Koordinat perhitungan		Penyimpangan (meter)
	X	Y	X	Y		X	Y	X	Y	
4 AP	35,00	25,00	16,72	19,35	12,62	5,00	15,00	26,36	29,73	27,62
5 AP	35,00	25,00	19,12	19,60	12,15	5,00	15,00	31,01	12,76	26,11
6 AP	35,00	25,00	35,43	14,34	11,96	5,00	15,00	29,04	26,19	26,52
7 AP	35,00	25,00	27,80	33,65	8,93	5,00	15,00	20,26	26,01	20,05
8 AP	35,00	25,00	25,00	20,11	6,99	5,00	15,00	22,76	19,79	18,39
9 AP	35,00	25,00	34,22	22,81	4,75	5,00	15,00	10,03	25,40	11,55

Posisi koordinat hasil penentuan tersebut jika diilustrasikan dalam bentuk gambar adalah seperti tampak pada gambar 4.3. Dari gambar, sumbu horizontal adalah sumbu X dan sumbu vertikal adalah sumbu Y. Perpotongan kedua nilai sumbu ini yang kemudian menjadi satu titik posisi koordinat. Dari gambar diperlihatkan posisi koordinat nyata obyek 1 dan obyek 2 serta dibandingkan secara langsung dengan titik posisi koordinat hasil penentuan dengan 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 AP.

Dari posisi-posisi koordinat hasil penentuan bisa terlihat bahwa pada penentuan obyek 1, penggunaan jumlah 9 buah AP titik koordinat paling dekat

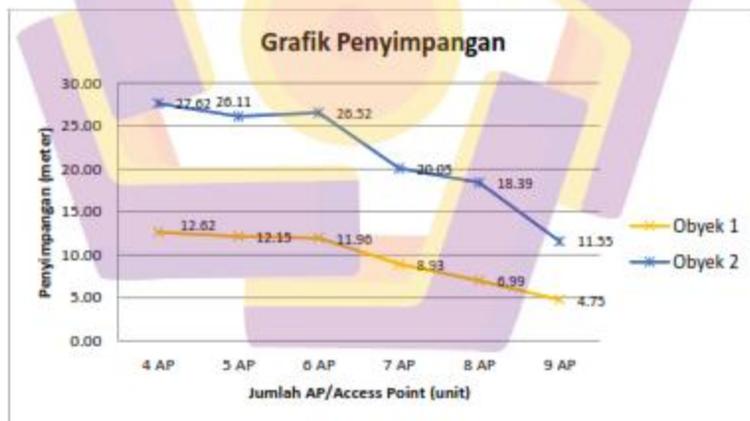
dengan titik koordinat obyek nyata. Penggunaan 6, 7, dan 8 memiliki jarak ke koordinat obyek nyata yang hampir sama, dan lebih jauh dari titik koordinat penentuan dengan 9 buah AP. Penggunaan 4 dan 5 buah AP juga menghasilkan jarak ke titik koordinat nyata yang hampir sama dan merupakan yang terjauh disbanding dengan penggunaan 6 sampai 9 buah AP.



Gambar 4.3. Grafik posisi koordinat nyata versus hasil penentuan posisi koordinat dengan 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 buah AP

Untuk obyek 2, tampak secara umum jarak semua koordinat hasil penentuan lebih jauh dibanding dengan hasil penentuan pada obyek 1. Walaupun jauh tetapi memiliki pola yang hampir sama di mana koordinat hasil penentuan yang paling dekat dengan koordinat nyatanya adalah penggunaan 9 buah AP. Selanjutnya penggunaan 7 dan 8 buah AP menghasilkan koordinat penentuan yang hampir sama jaraknya dengan koordinat nyata, dan lebih jauh dibanding 9 buah AP. Pada penggunaan 4, 5, dan 6 buah AP menghasilkan jara terjauh dimana jarak koordinat hasil penentuan terhadap koordinat nyata ketiganya hampir sama.

Berdasarkan tabel posisi koordinat nyata, koordinat hasil penentuan, dan penyimpangan serta grafik posisinya di atas, dapat disajikan grafik penyimpangan yang ditunjukkan pada gambar 4.4. berikut.



Gambar 4.4. Grafik *Euclidean*/Penyimpangan

Dari grafik gambar 4.4. bisa dibaca bahwa penentuan posisi Obyek 1 dan Obyek 2 penyimpangan terkecil (akurasi terbaik) pada penggunaan 9 buah AP.

Secara keseluruhan, baik penentuan posisi Obyek 1 maupun Obyek 2, akurasi membaik dengan penggunaan jumlah AP yang semakin banyak.

Penentuan koordinat obyek 1 maupun obyek 2 memiliki kecenderungan pola yang sama dalam hal akurasi berdasarkan penggunaan jumlah AP. Semakin banyak AP yang digunakan menunjukkan penyimpangan yang mengecil atau akurasinya meningkat. Berdasarkan grafik, secara kasar bisa dikatakan bahwa pola yang terbentuk mendekati linear.

Pada penelitian obyek pertama, posisi sebenarnya ada pada koordinat (35, 25), sedangkan hasil pengukuran yang paling mendekati obyek sebenarnya ada pada pengukuran menggunakan 9 AP, dengan koordinat (34.22,22.81). Berdasarkan pengukuran penyimpangan Euclidean, hasil pengukuran mendapatkan akurasi tertinggi, yaitu ada pada angka 4.75.

Sedangkan pada penelitian obyek kedua, posisi obyek sebenarnya terletak pada koordinat (5,15), sedangkan hasil pengukuran yang paling baik ada penggunaan 9 AP juga, dengan koordinat yang didapatkan adalah (10.03, 25.40). Berdasarkan pengukuran akurasi menggunakan metode Euclidean, nilai yang didapatkan adalah 11.55.

Penggunaan jumlah 4, 5, dan 6 buah AP grafiknya landai (hampir mendatar), bahkan pada penentuan koordinat obyek 2 penggunaan 6 buah AP penyimpangannya melonjak ke atas. Hal ini menunjukkan perubahan penyimpangan tidak begitu signifikan sehingga bisa dikatakan penambahan jumlah AP untuk jumlah 4 ke 5 atau 6 adalah kurang optimal.

Dari penggunaan 6 buah AP ke 7 AP ada perubahan penyimpangan yang lebih signifikan, tetapi pada penggunaan 8 AP dibandingkan dengan 7 AP, baik pada penentuan obyek 1 maupun 2, perubahannya kurang signifikan. hal ini juga bisa ditarik kesimpulan yang sama bahwa penambahan jumlah AP dari 7 ke 8 kurang optimal. Baik pada penentuan obyek 1 maupun 2, terjadi perubahan penyimpangan yang signifikan pada penggunaan 9 buah AP, dimana hasil penentuan koordinatnya merupakan yang paling kecil penyimpangannya.

Dari uraian di atas bisa diambil kesimpulan bahwa kondisi optimal bisa digunakan 4 untuk mendapatkan akurasi yang rendah, 7 untuk mendapatkan akurasi yang sedang dan 9 untuk mendapatkan akurasi yang tinggi. Sedangkan penambahan penggunaan jumlah AP dari 4 menjadi 5 dan 6, atau dari 7 menjadi 8 buah AP adalah kurang optimal.

Terkait jumlah genap atau ganjil AP yang digunakan, Baik genap maupun ganjil masing-masing diwakili dengan tiga percobaan. pada penelitian ini menggunakan jumlah 4, 6, dan 8 sebagai jumlah genap, dan 5, 7, dan 9 untuk mewakili jumlah ganjil. Berdasarkan gambar 4.4, penggunaan 4 AP dibanding 5 buah AP, penyimpangan sedikit menurun. Tetapi 5 AP dibandingkan dengan 6 AP, pada penentuan obyek 1 penyimpangan sedikit menurun sedangkan pada obyek 2 naik. Selanjutnya pada penggunaan 7 AP, baik pada obyek 1 maupun obyek 2 penyimpangan menurun tajam. Dari sini pola yang terbentuk untuk obyek 2 cenderung penggunaan ganjil (5 dan 7) lebih baik dari genap. Tetapi pada penentuan obyek 1 tidak terbentuk pola demikian. Begitu juga pada penambahan

jumlah penggunaan AP menjadi 8, dan 9 buah, hanya sedikit menunjukkan kecenderungan bahwa penggunaan ganjil lebih baik dibanding genap.

Berdasarkan nilai-nilai penyimpangan yang didapatkan, dapat pula dilakukan analisis sederhana dengan rerata nilai kelompoknya (jumlah genap/ganjil). Pada penentuan posisi obyek 1 jumlah AP genap rerata pada kisaran angka 10.52, sedangkan pada penentuan posisi Obyek 2 rerata pada kisaran 24.18. Pada penentuan posisi Obyek 1 jumlah AP ganjil rerata pada kisaran 8.61, dan pada penentuan posisi Obyek 2 rerata di kisaran penyimpangan 19,24.

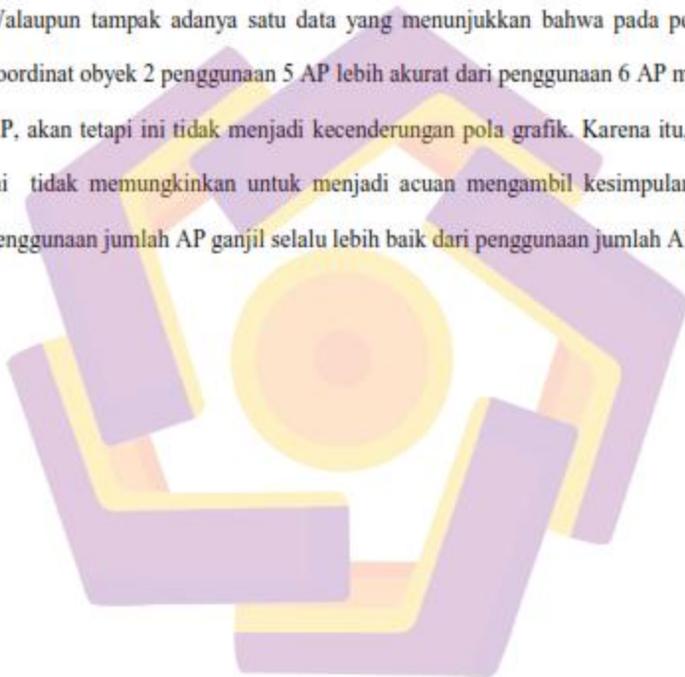
Jika direkapitulasi dalam bentuk tabel, maka didapatkan tabel seperti ditunjukkan pada tabel 4.20. berikut. Berdasarkan ulasan penggunaan jumlah AP ganjil dan genap tersebut, dalam perbandingan rerata penyimpangan, maka secara akurasi penggunaan jumlah AP ganjil pada penentuan koordinat obyek 1 maupun obyek 2 lebih baik jika dibanding pada penentuan koordinat dengan jumlah AP genap. Jika hasil perolehan penyimpangan obyek 1 dan obyek 2 dirata-rata maka didapatkan rerata genap adalah 17.35 dan ganjil 13.92. Dengan rerata ini juga ditunjukkan bahwa ganjil lebih kecil rerata penyimpangannya yang berarti akurasinya lebih baik. Jadi berdasarkan rerata perolehan penyimpangan, penggunaan jumlah AP ganjil lebih baik daripada jumlah AP genap.

Tabel 4.20. Perbandingan rerata penyimpangan penggunaan jumlah

AP ganjil – genap

Jml AP	Obyek 1	Obyek 2
Genap	10,52	24,18
Ganjil	8,61	19,24

Berdasarkan pola penyimpangan, penggunaan jumlah AP ganjil tidak selalu memberikan penyimpangan yang lebih kecil. Dari data yang ditunjukkan pada grafik gambar 4.3. tampak bahwa pada penentuan posisi obyek 1, penggunaan 6 buah AP ternyata lebih akurat dibandingkan penggunaan 5 buah AP, atau pada penggunaan 8 AP lebih akurat dari penggunaan 7 buah AP. Walaupun tampak adanya satu data yang menunjukkan bahwa pada penentuan koordinat obyek 2 penggunaan 5 AP lebih akurat dari penggunaan 6 AP maupun 4 AP, akan tetapi ini tidak menjadi kecenderungan pola grafik. Karena itu, temuan ini tidak memungkinkan untuk menjadi acuan mengambil kesimpulan bahwa penggunaan jumlah AP ganjil selalu lebih baik dari penggunaan jumlah AP genap.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan dan hasil di atas, maka bisa diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan jumlah AP yang paling optimal untuk penentuan posisi obyek dengan metode triangulasi adalah yang paling banyak. Penambahan penggunaan jumlah AP dari 4 buah menjadi 5 dan 6 buah AP adalah kurang optimal. Begitu juga penambahan satu buah AP dari 7 menjadi 8 AP juga kurang optimal. Hal itu karena penambahan jumlah kurang memberikan peningkatan akurasi yang signifikan.

Penambahan penggunaan AP 6 buah menjadi 7 atau dari 8 menjadi 9 buah adalah optimal karena memberikan peningkatan akurasi yang signifikan.

2. Berdasarkan rerata penyimpanganya, penggunaan jumlah AP ganjil nilai akurasi lebih baik dibandingkan dengan penggunaan jumlah genap. Namun berdasarkan pola belum menunjukkan bahwa penggunaan jumlah AP ganjil selalu lebih baik dari penggunaan jumlah AP genap.

#### **5.2. Saran**

Setelah melakukan kajian dan penelitian tentang penentuan posisi obyek dengan metode triangulasi, Penulis menyampaikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini digunakan AP jenis *indoor* dengan daya pancar  $-25\text{dBm}$ . Untuk itu disarankan melakukan penelitian yang sama dengan perangkat AP jenis *outdoor* yang lebih kuat daya pancar sinyalnya. Pancaran sinyal AP *indoor* untuk ditangkap pada jarak yang jauh cenderung kurang tepat hasil pengukuran RSSI-nya, namun cukup baik untuk jarak yang pendek.
2. Penelitian lanjutan bisa dilakukan dalam hal memberikan solusi hambatan-hambatan yang lebih banyak dan umum, misalnya dengan penghalang tembok, dedaunan yang rimbun, dan lain-lain. Parameter-parameter halangan yang kompleks merupakan masalah tersendiri dalam pengukuran jarak dengan metode RSSI karena berpengaruh pada eksponen *pathloss*.
3. Penelitian lanjutan sangat menarik jika dapat ditemukan beberapa variasi/formulasi/kombinasi dari variabel koordinat, sudut, dan jarak antar AP, yang bisa memberikan kriteria optimal dalam penentuan posisi koordinat obyek.

## DAFTAR PUSTAKA

### PUSTAKA JURNAL & PUBLIKASI ILMIAH

- Agarwal, P, Singh, M, Sharma, SK, 2014, Vol. 5 (2), International Journal of Computer Science and Information Technologies(IJCSIT), India
- Amirisoori, S, Daud, SM, Ahmad, NA, Aziz, NSNA, Nurul Iman Mohd Sa'at, Nur Qamarina Mohd Noor, 2017, WI-FI Based Indoor Positioning Using Fingerprinting Methods(KNN Algorithm) in Real Environment, Vol.10, No.9, Universiti Teknologi Malaysia (UTM), Malaysia.
- Bogd'andy, B, 2018, WiFi RSSI Preprocessing Library for Android, iee, New York US
- Brena,RF, Vázquez,JPG, Tejada, CEG, Rodriguez, DM, C. VargasRosales, and J. Fangmeyer, 2017, Evolution ofIndoor Positioning Technologies: A Survey, J. Sensors, Vol. 7
- Erceg, V, Greenstein, LJ, Fellow, Tjandra, SY,Parkoff, SR, 1999, An Empirically Based Path Loss Model for Wireless Channels in Suburban Environments, IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL. 17, NO. 7, New York
- Haryanto, RT, Sujana, D, Hidayat, S,Suryantoro, H, Sugara, VI, 2018, Android Smartphone Location Detection on Indoor Using Trilateration Method and Kalman Filter, Volume 5 Issue 3, International Journal of Computer Techniques, Bogor
- He, S, Chan, SHG, 2016, Wi-Fi Fingerprint-Based Indoor Positioning:Recent Advances and Comparisons, IEEE,, New York
- Hoang, MT, Yuen, B, Dong, X, Lu, T, Westendorp, R, Reddy, K, 2019, Recurrent Neural Networks For Accurate RSSIIndoor Localization, eess.SP, Canada
- Huanga, MS, Narayanana, RM, 2014, Trilateration-Based Localization Algorithm Using theLemoine Point Formulation, IETE Journal of Research, New York.
- Nakatani, T, 2018, Estimating the Physical Distance between Two Locations with Wi-FiReceived Signal Strength Information Using Obstacle-awareApproach, Vol. 2, No. 3, Article 130, ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technology, Osaka Japan
- Nurliza,NN, 2018, Penerapan Euclidean Distance Pada Pengenalan Pola Citra Sidik Jari, Jurusan Statistika Fakultas MIPA UII, Yogyakarta.

- Pathak, O, Palaskar, P, Palkar, R, Tawari, M, 2014, Wi-Fi Indoor Positioning System Based on RSSI Measurements from Wi-Fi Access Points – A Trilateration Approach, Volume 5, Issue 4, International Journal of Scientific & Engineering Research, [ijser.org](http://ijser.org)
- Parameswaran, AT, Husain, MI, Upadhyaya, S, 2009, Is RSSI a Reliable Parameter in Sensor Localization Algorithms – An Experimental Study, Department of Computer Science and Engineering State University of New York at Buffalo, New York
- Rabbany, E, Ahmed. 2002, Introduction to GPS: the Global Positioning System, Ernst K&Artech House: mobile communications series. Page 42-64.
- Sachan, DK, Kumar, P, Dwivedi, PN, 2018, Accurate Estimation of shell position using triangulation method for calibration of RPS, IFAC (International Federation of Automatic Control) Hosting by Elsevier Ltd,
- Soltanaghaei, E, Kalyanaraman, A, Whitehouse, K, 2018, Multipath Triangulation: Decimeter-level WiFi Localization and Orientation with a Single Unaided Receiver, Association for Computing Machinery, Germany.
- Vari, M, Cassioli, D, 2018, mmWaves RSSI Indoor Network Localization, ICC'14-W10: Workshop on advances in Network Localization and Navigation, University of Rome "Tor Vergata", Rome, Italy.
- Yi, L, Tao, L, Jun, S, 2017, RSSI Localization Method for Mine Underground Based on RSSI Hybrid Filtering Algorithm, IEEE International Conference on Communication Software and Networks, New York
- Zhangt, H, Dut, H, Yet, Q, Liut, C, 2019, Utilizing CSI and RSSI to Achieve High-precision Outdoor Positioning: A Deep Learning Approach, IEEE, New York

#### **PUSTAKA BUKU**

- Panduan Tesis Program MTI Universitas AMIKOM, 2017, Program Pasca Sarjana AMIKOM, Yogyakarta.