



TESIS - TE142599

# SMART MUSEUM UNTUK MEDIA EDUKASI BERBASIS INTERNET OF THINGS

ADI KURNIAWAN SAPUTRO  
07111550050207

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.  
Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017



---

TESIS - TE142599

**SMART MUSEUM UNTUK MEDIA EDUKASI BERBASIS INTERNET  
OF THINGS**

ADI KURNIAWAN SAPUTRO  
07111550050207

DOSEN PEMBIMBING  
Dr.Surya Sumpeno, ST., M.Sc.  
MOCHAMAD HARIADI, ST., M.SC., PH.D.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017





**LEMBAR PENGESAHAN**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
**Magister Teknik (M.T)**  
di  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

oleh:

**Adi Kurniaawan Saputro**  
NRP. 07111550050207

Tanggal Ujian : 19 Desember 2017  
Periode Wisuda : Maret 2018

Disetujui oleh:

1. Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc. (Pembimbing I)  
NIP: 196906131997021003

2. Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D. (Pembimbing II)  
NIP: 196912091997031002

3. Prof. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc. (Penguji)  
NIP: 195409251978031001

4. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, S.T., M.T. (Penguji)  
NIP: 196806011995121009

Dekan Fakultas Teknologi Elektro

Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.  
NIP: 197002121995121001

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul “SMART MUSEUM UNTUK MEDIA EDUKASI BERBASIS INTERNET OF THINGS” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Desember 2017  
  
6000  
ENAM RIBU RUPIAH  
Suwandi Saputro  
NRP. 07111550050207

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# SMART MUSEUM UNTUK MEDIA EDUKASI BERBASIS INTERNET OF THINGS

Nama mahasiswa : Adi Kurniawan Saputro  
NRP : 07111550050207  
Pembimbing : 1. Dr. Surya Sumpeno,ST.,M.Sc  
2. Mochamad Hariadi,ST.,M.Sc.,Ph.D

## ABSTRACT

Museum merupakan tempat disimpannya benda bersejarah serta pusat pendidikan sejarah untuk mengenalkan budaya bangsa. Pemanfaatan teknologi di museum untuk menuju kota pintar merupakan suatu tantangan. Internet of thing (IoT) merupakan kemajuan teknologi di bidang Informasi dan komunikasi (ICT) yang bisa diterapkan di museum. Pengembangan ICT saat ini tidak hanya sebagai media transmisi, akan tetapi teknologi Augmented Reality juga mulai dikembangkan. Saat ini, teknologi Augmented Reality membuat objek virtual ke dunia nyata menggunakan marker atau gambar. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan sinyal untuk membuat objek virtual muncul di dunia nyata dengan menggunakan protokol IEEE 802.14.5 sebagai pengganti marker Augmented Reality. RSSI dan Triangulation digunakan sebagai microlokasi pengganti munculnya objek AR. Hasil penelitian didapatkan bahwa performa Wireless Sensor Network dapat digunakan untuk pengiriman data di dalam ruangan museum. Hal ini dibuktikan dengan penelitian LOS pada jarak 15 meter dengan delay 1000 ms tingkat error 1.4% dan NLOS dengan tingkat error 2.3%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan teknologi (IOT) dengan menggunakan sinyal Wireless Sensor Network sebagai pengganti marker Augmented Reality dapat diterapkan di museuem. Menurut penilaian pengguna belum berhasil. Dikarenakan delay tidak <0.1 detik dan membuat pengguna bosan.

Kata kunci: *Augmented Reality, Wireless Sensor Network, Zigbee Protocol, IEEE 802.14.5, Identitas,RSSI*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## SMART MUSEUM FOR EDUCATIONAL MEDIA BASED INTERNET OF THINGS

Nama mahasiswa : Adi Kurniawan Saputro  
NRP : 07111550050207  
Pembimbing : 1. Dr. Surya Sumpeno,ST.,M.Sc  
2. Mochamad Hariadi,ST.,M.Sc.,Ph.D

### ABSTRAK

Museum is a place to keep the historic objects and historical education center to introduce the nation's culture. Utilizing technology in a museum to become a smart city is a challenge. Internet of thing (IOT) is a technological advance in Information and communication (ICT) that can be applied in the museum. The current ICT development is not only a transmission medium, but Augmented Reality technology is also being developed. Currently, Augmented Reality technology creates virtual objects into the real world using markers or images. In this study, researcher used signals to make virtual objects appear in the real world using the IEEE 802.14.5 protocol replacing the Augmented Reality marker. RSSI and triangulation are used as a substitute microlocation for AR objects. The result is the performance of Wireless Sensor Network could be used for data transmission in the museum. LOS research at a distance of 15 meters with 1000 ms delay found 1.4% error rate and NLOS with 2.3% error rate. So it can be concluded that utilization technology (IOT) using signal wireless sensor network as a replace for marker augmented reality can be used in museum. According to the user experience assessment has not been successful. In Claim delay is not <0.1 second and user is bored.

Keywords: *Augmented Reality, Wireless Sensor Network, Zigbee Protocol, IEEE 802.14.5, Identitas,RSSI*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya tesis ini dapat diselesaikan. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tesis ini. Secara khusus penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada :

1. Kedua orang tua penulis Mat Riawan dan Setiani juga kedua adik kandung penulis Ariani Kurnia Dewi dan Desiani Kurniawanti yang telah memberikan dukungan sepenuhnya kepada penulis selama studi magister.
2. Dr. Surya Sumpeno,ST.,M.Sc dan Mochamad Hariadi,ST.,M.Sc.,Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, memberi koreksi, memberi motivasi dan mendukung sepenuhnya dalam pembuatan tesis ini.
3. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno., S.T., M.T. dosen wali dan selaku koordinator bidang keahlian Jaringan Cerdas Multimedia.
4. Dewan penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam tesis ini.
5. Sahabat disekeliling saya yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, terutama Devina Depriane, Arda Surya Editya dan Agus Khumaidi.
6. Orang yang selalu membatu saya untuk terus bersemangat melanjutkan tesis ini hingga selesai Carina, MbK amalia dan MbK Vika.
7. Keluarga besar yang selalu membantu dan memberi dukungan kepada saya selama studi magister ini, terutama om Anto dan tante Sekartini.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan tesis ini. Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karenanya masukan, saran dan kritik untuk perbaikan sangat diharapkan. Besar harapan tesis ini dapat bermanfaat bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

Surabaya, 31 Desember 2017

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRACT .....	vii
ABSTRAK .....	ix
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR NOMENKLATUR .....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA .....	5
2.1 Kajian Penelitian Terkait .....	5
2.1.1 Penelitian terkait <i>Augmented Reality</i> .....	5
2.1.2 Penelitian terkait <i>Augmented Reality</i> Marker .....	6
2.1.3 Penelitian terkait <i>Augmented Reality</i> Markerless .....	9
2.2 <i>Wireless Sensor Network</i> (WSN) .....	10
2.2.1 Standart Protokol IEEE Pada WSN .....	12
2.2.2 Protokol Zigbee .....	13
2.2.3 Topologi WSN .....	13
2.3 Internet Of Things (IOT) .....	16
2.4 Parameter Kinerja Jaringan .....	19
2.5 Metode Triangulasi dan RSSI .....	20
2.5.1 Algoritma Triangulasi .....	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	25
3.1 Tahap Penelitian .....	25
3.2 Gambaran Umum Sistem .....	26
3.3 Pembuatan sistem .....	27
3.4 Metode Usulan .....	29

3.5	Data ID AR dengan WSN .....	29
3.6	Skenario Pengujian Sistem .....	30
3.6.1	Skenario pengujian QOS pada WSN .....	31
3.6.2	Cakupan Area PerNode Kondisi LOS dan NLOS.....	32
3.6.3	Analisa dan kesimpulan .....	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		37
4.1	Implementasi Markeles AR dengan WSN.....	37
4.1.1	Pengujian Pengiriman Data WSN .....	37
4.2	Triangulasi dan RSSI.....	38
4.2.1	Pengujian perkiraan posisi triangulasi .....	39
4.2.2	RSSI (Radio (Received) Signal Strength Indicator).....	41
4.2.3	Menentukan Lokasi Objek AR dengan RSSI.....	48
4.2.4	Pengujian Performa WSN LOS dan NLOS .....	51
4.2.5	Pengujian error .....	65
4.2.6	Pengujian delay .....	67
4.2.7	Pengujian Loss.....	75
BAB 5 KESIMPULAN.....		79
5.1	Kesimpulan .....	79
5.2	Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA .....		81
BIODATA PENULIS .....		85

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Normal thresholding( <i>left</i> ), adaptive ( <i>right</i> ) (Kim and Jun, 2011).....	7
Gambar 2.2 Contour <i>Detection</i> (Kim and Jun, 2011).....	8
Gambar 2.3 Augmented Reality Marker(Penanda)(Kim and Jun, 2011).....	9
Gambar 2. 4 <i>Markeless</i> AR (grasset, 2012).....	10
Gambar 2.5 <i>Single Hop Star</i> (Patel and Shah, 2012) .....	14
Gambar 2.6 Multi Hop Mesh and Grid Topology (random)(Patel and Shah, 2012) ...	15
Gambar 2.7 Multi Hop Mesh and Grid Topology (struktire)(Patel and Shah, 2012)..	15
Gambar 2.8 Two-tier Hierarchical Cluster Topology(Patel and Shah, 2012) .....	16
Gambar 2.9 Device-to-Device Communications .....	17
Gambar 2.10 Device-to-Cloud Communications.....	18
Gambar 2.11 Device-to-Gateway Model.....	18
Gambar 2.12 Contoh posisi dengan RSSI.....	21
Gambar 2.13 Model Penentuan posisi menggunakan algoritma Triangulasi .....	23
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Sistem triangulasi dan RSSI.....	26
Gambar 3.3 Rancangan Sistem .....	27
Gambar 3. 4 Tahap metode .....	29
Gambar 3.5 Triangulasi dan RSSI.....	30
Gambar 3.6 (a)Patung Ganesa (b) Objek AR patung Ganesa.....	31
Gambar 3.7 Letak Node WSN .....	32
Gambar 3.8 Objek virtual muncul.....	32
Gambar 3.9 LOS.....	33
Gambar 3.10 NLOS.....	33
Gambar 3.11 Skema Pengujian Error .....	34
Gambar 3.12 Pengujian Paket Los .....	34
Gambar 4.1 Kalibrasi Triangulasi .....	39
Gambar 4.2 Perkiraan Posisi Objek AR .....	41
Gambar 4.3 Pengujian LOS di luar gedung .....	51
Gambar 4.4 Pengujian NLOS di dalam Gedung.....	52
Gambar 4.5 Gafik Error pada pengiriman data LOS ID 16.....	54

Gambar 4.6 Gafik Error pada pengiriman data LOS ID18 .....	56
Gambar 4.7 Gafik Error pada pengiriman data LOS ID19 .....	58
Gambar 4.8 Gafik Error pada pengiriman data NLOS ID16 .....	60
Gambar 4.9 Gafik Error pada pengiriman data NLOS ID18 .....	62
Gambar 4.10 Gafik Error pada pengiriman data NLOS ID19 .....	64
Gambar 4.11 Data error dalam persen LOS .....	65
Gambar 4.12 Data error dalam persen NLOS .....	66
Gambar 4.13 Delay Error LOS coordinator dan database .....	67
Gambar 4.14 Delay Error NLOS Coordinator dan Database.....	68
Gambar 4.15 Perbandingan Dari LOS dan NLOS Pada Coordinator.....	69
Gambar 4.16 Perbandingan Dari LOS dan NLOS Pada Database .....	69
Gambar 4.17 Delay Jarak Kondisi LOS ID 16.....	71
Gambar 4.18 Delay Jarak Kondisi LOS ID 18.....	72
Gambar 4.19 Delay Jarak Kondisi LOS ID 19.....	73
Gambar 4.20 Grafik jarak terhadap error LOS.....	74
Gambar 4.21 Error user experience .....	74
Gambar 4.22 LOSS pada Coordinator .....	76
Gambar 4.23 LOSS pada Database.....	77

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya .....	6
Tabel 2.2 Struktur data Protokol IEEE 802.14.5.....	13
Tabel 2.3 Struktur protocol Zigbee .....	13
Tabel 2.3 <i>Path Loss Exponent</i> (T. Rappaport., 2001). .....	21
Tabel 3.1 Pembuatan data Base.....	28
Tabel 3.2 Struktur data Protokol IEEE 802.14.5.....	30
Tabel 4.1 Pengujian sistem dengan protocol IEEE 802.14.5.....	37
Tabel 4.2 Jarak Dengan Triangulasi .....	40
Tabel 4.3 Perhitungan Kalibrasi Jarak Dengan Triangulasi .....	40
Tabel 4.4 RSSI WSN Manual ID16 .....	42
Tabel 4.5 RSSI WSN Manual ID18 .....	43
Tabel 4.6 RSSI WSN Manual ID19 .....	43
Tabel 4.7 RSSI WSN Perhitungan .....	44
Tabel 4.8 RSSI Objek WSN dengan Perhitungan.....	44
Tabel 4.9 RSSI Objek WSN dengan percobaan.....	45
Tabel 4.10 RSSI ID 18 WSN dengan Perhitungan.....	46
Tabel 4.11 RSSI ID 18 WSN dengan Percobaan .....	46
Tabel 4.12 RSSI ID 19 WSN dengan Perhitungan.....	47
Tabel 4.13 RSSI ID 19 WSN dengan Percobaan .....	47
Tabel 4.14 Posisi dengan ID 16 .....	48
Tabel 4.15 Posisi dengan ID 18 .....	49
Tabel 4.16 Posisi dengan ID 19 .....	50
Tabel 4.17 Pengujian sistem LOS dengan ID 16 .....	53
Tabel 4.18 Pengujian error LOS dengan ID 16.....	54
Tabel 4.19 Pengujian sistem LOS dengan ID 18 .....	55
Tabel 4.20 Pengujian error LOS dengan ID 18.....	56
Tabel 4.21 Pengujian sistem LOS dengan ID 19 .....	57
Tabel 4.22 Pengujian error LOS dengan ID 19.....	58
Tabel 4.23 Pengujian sistem NLOS dengan ID 16 .....	59

Tabel 4.24 Pengujian error NLOS dengan ID 16 .....	60
Tabel 4.25 Pengujian sistem NLOS dengan ID 18.....	61
Tabel 4.26 Pengujian error NLOS dengan ID 18 .....	62
Tabel 4.27 Pengujian sistem NLOS dengan ID 19.....	63
Tabel 4.28 Pengujian error NLOS dengan ID 19 .....	64
Tabel 4.29 Pengaruh <i>delay</i> terhadap <i>error</i> LOS.....	67
Tabel 4.30 Pengaruh <i>delay</i> terhadap <i>error</i> NLOS.....	68
Tabel 4.31 Jarak Pada Kondisi LOS ID 16 .....	70
Tabel 4.32 Jarak pada kondisi LOS ID 18 .....	71
Tabel 4.33 Jarak pada kondisi LOS ID 19 .....	72
Tabel 4.34 LOSS coordinator dan database LOS.....	75
Tabel 4.35 LOSS coordinator dan database NLOS .....	76

## DAFTAR NOMENKLATUR

1.  $d$  : Distance
2.  $P_{tx}$  : Transmitter sinyal (Dari data sheet xbee s1)
3.  $n$  : Jarak dengan daya Xbee (ditetapkan 2)
4.  $RSSI$  : Sinyal indicator dari xbee
5.  $x$  : Nilai x pada node
6.  $y$  : Nilai y pada node
7.  $P(ref)$  : Daya referensi
8.  $s$  : Total delay
9.  $nk$  : Total keseluruhan data yang diterima
10.  $Lo$  : Jumlah paket loss
11.  $Ln$  : Total seluruh paket Loss
12.  $et$  : Jumlah eror
13.  $Er$  : Merupakan total keseluruhan data erorr
14.  $PL$  : Path loss
15.  $Prx$  : Daya transmisi yang diterima dari transmitter
16.  $Z$  : Fungsi gaussian
17.  $Loss$  : Banyaknya jumlah paket yang hilang
18.  $Error$  : Banyaknya jumlah data tidak sesuai
19.  $Delay$  : Jeda waktu paket yang diterima dan dikirim

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Museum merupakan suatu tempat disimpunya benda – benda besejarah, selain itu Museum merupakan pusat pendidikan sejarah untuk mengenalkan budaya bangsa. Namun, Museum sangat identik dengan tempat yang kuno dan mistis, sehingga Museum terkesan kurang menyenangkan. Sebab itu, Museum sangat jarang dikunjungi oleh generasi muda dan ke depannya hal ini berdapak hilangnya kecintaan terhadap sejarah bangsa, seni dan budaya.

Museum memiliki berbagai macam informasi mengenai benda-benda peninggalan, namun informasi di sugukan dengan cara kurang menarik. Namun, selama ini museum identik dengan area kuno tempat barang-barang tua tersimpan, sehingga jauh dari suasana menyenangkan, bahkan terkesan membosankan. (Sumpeno *et al.*, 2015).

Menurut laporan Association of Museums (AMM), menegaskan bahwa masyarakat menganggap museum merupakan tempat informasi yang paling dipercaya, kemudian baru diikuti oleh informasi dari buku dan berita televisi. Oleh karena itu, peran museum tidak dapat digantikan oleh peranan media lain (Herminia Din, 2007).

Perkembangan teknologi dan informasi menuntut masyarakat untuk berfikir lebih maju dengan memanfaatkan teknologi. Namun dampak negative dari perkembangan teknologi dan informasi sangatlah besar. Kedepanya Masyarakat mulai melupakan hasil karya leluhur dan budaya bangsa.

Berdasarkan data survey dari Departemen Kebudayaan dan Pariwisata Republik Indonesia (Departemen kebudayaan dan pariwisata, 2008). Semakin banyaknya serbuan dari berbagai media lain yang dapat dengan mudah di akses oleh pihak-pihak yang dulunya merupakan pengunjung museum misalnya media entertainment yang juga memberikan pembelajaran. Sehingga pengunjung museum semakin sedikit dan hanya mencapai 45.48% dari target awal.

Dari data dan fakta diatas maka peneliti ingin mengusulkan sebuah sistem yang mampu menarik pengunjung dari semua kalangan. Dengan membuat suatu objek virtual menggunakan AR (*Augmented Reality*) berbasis WSN (*Wireless Sensor Network*)

dengan memanfaatkan ID (Identitas marker) dari protocol Xbee S1 dan sinyal dengan memanfaatkan triangulasi dan RSSI sebagai lokasi. Sehingga nantinya menjadikan sebuah *smart museum* yang bernuansa teknologi tanpa menghilangkan unsur budaya dan dapat menjadi suatu destinasi wisata yang mengutamakan edukasi modern pada masyarakat.

Dalam penelitian sebelumnya untuk membaca AR digunakan dua cara yaitu markeles AR dan marker AR. Dalam penggunaan marker AR masih terdapat kendala. Jika di beberapa titik gambar yang digunakan hilang, maka objek AR tidak muncul. Karena AR markeles memanfaatkan setiap titik gambar sebagai deteksinya. Sedangkan selama ini AR markeles menggunakan GPS. Dimana GPS sangat baik di gunakan diluar ruangan dan jika di dalam ruangan kordinat yang di inginkan kurang tepat. Oleh sebab itu markeles AR menggunakan GPS di dalam ruangan tidak disarankan. Terutama untuk memunculkan objek AR yang saling berdekatan di dalam ruangan.

Harapan besar penulis, untuk membuat sebuah pembaharuan dari deteksi AR di dalam ruangan atau dikenal dengan micro lokasi dengan menggunakan WSN sebagai node sekaligus ID dan memanfaatkan metode triangulasi dan RSSI. Sehingga objek AR dapat muncul meskipun berdekatan di dalam satu ruangan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Seiring perkembangan zaman, *museum* yang menyimpan benda-benda kuno mulai di anggap sebagai tempat edukasi sejarah yang membosankan. Pada penelitian sebelumnya untuk mendapatkan sebuah informasi pada *smartmuseum*, pengunjung harus menggunakan marker untuk pembacaan *Augmented Reality*. Marker tersebut berupa gambar yang diletakkan pada benda yang di pajang di museum atau benda yang dipajang sebagai markernya. Ketika marker mengalami kerusakan atau perbedaan, maka dapat mengganggu tampilan *Augmented Reality*. Sedangkan pada penelitian sebelumnya, markeles AR digunakan sebagai pengganti dari marker. Namun, markeles AR yang menggunakan GPS belum dapat digunakan di jarak yang berdekatan di dalam satu gedung. Untuk mengatasi masalah tersebut, peneliti merancang sistem WSN agar dapat menjadi ID sekaligus pengiriman data dan memanfaatkan triangulasi dan RSSI untuk menampilkan objek AR pada posisi yang berdekatan di dalam suatu ruangan.

Teknologi pengiriman data menggunakan IOT (*Internet Of Things*) pada proses pengiriman data.

### **1.3 Tujuan**

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah desain dan prototipe *augmented reality* berbasis identitas (ID) *system* dengan metode triangulasi dan RSSI sebagai letak objek AR berada. Pada metode ini akan di ketahi posisi user dan objek AR dengan ID yang telah di tentukan. Dengan memanfaatkan WSN sebagai node sekaligus ID objek AR. Dengan membuat inovasi ini diharapkan mampu mengedukasi dan menampilkan objek *augmented reality* secara *realtime* pada benda-denda di *smartmuseum* menggunakan teknologi pengiriman data dengan memanfaatkan *internet of thing*.

### **1.4 Manfaat**

Dengan diperolehnya desain dan prototipe dari teknologi *augmented reality* ID *system* berbasis WSN, dapat menjadi suatu marker yang efektif dalam mendapatkan informasi secara *realtime* di *smart museum*. Untuk mengurangi tingkat kebosanan ,pengunjung, pengunjung dimanjakan dengan objek 3D yang dikemas dalam media edukasi berbasis *Augmented Reality*.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan teknologi *Augmented Reality*.
2. Menggunakan *Wireless Sensor Network* (WSN) Xbee S1.
3. Diujikan di museum Mpu Tantular.
4. Topologi yang digunakan adalah single hop.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Penelitian Terkait**

##### **2.1.1 Penelitian terkait *Augmented Reality***

Awalmula AR berasal dari karya Sutherland di tahun 1960an, dengan menggunakan HMD untuk menyajikan grafis 3D (Sutherland, 1968). Menurut (Azuma *et al.*, 2001) definisi dari *Augmented Reality* (AR) merupakan penggabungan benda-benda nyata dan maya di lingkungan nyata, berjalan secara interaktif dalam waktu nyata, dan terdapat integrasi antar benda dalam tiga dimensi, yaitu benda maya terintegrasi dalam dunia nyata. Penggabungan benda nyata dan maya dimungkinkan dengan teknologi tampilan yang sesuai, interaktivitas dimungkinkan melalui perangkat-perangkat input tertentu dan integrasi yang baik memerlukan penjejukan yang efektif.

Perkembangan penelitian AR sangat pesat, AR dapat di hubungkan dengan sensor dan internet untuk menampilkan objek virtual. Seiring perkembangan jaman untuk menampilkan objek AR tidak menggunakan marker atau penanda berupa gambar. Dengan menggunakan sensor untuk membuat objek AR dapat muncul ke dunia nyata. Objek AR dapat muncul tanpa harus menggunakan image sebagai titik dimana objek virtual muncul. Pada penelitian sebelumnya dengan memanfaatkan GPS untuk koordinat dimana objek AR muncul telah dilakukan. Ada beberapa kendala dalam penggunaan GPS untuk posisi objek AR. Kendala tersebut adalah tidak dapat digunakan di dalam ruangan. Penelitian berikutnya membahas tentang bagaimana AR dapat terhubung dengan *Virtual Reality* (VR). Ini merupakan perkembangan dari AR yang dimana hal ini banyak digunakan untuk media pembelajaran atau berbagai hal. Selain itu cara pembacaan AR dengan berbagai media dan cara untuk mempermudah aktifitas manusia telah diteliti dan dikembangkan.

Penelitian mengenai *Augmented Reality* menggunakan markerless AR ini telah dilakukan peneliti sebelumnya. Ada beberapa penelitian tentang AR menggunakan sensor dan ID sebagai penanda untuk munculnya objek AR ke dunia nyata. Beberapa penelitian tersebut ditunjukkan pada Tabel.2.1

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya

No	Nama Peneliti	Judul Peneliti
1	(Goldsmith <i>et al.</i> , 2008)	Dalam jurnalnya menyatakan bahwa dengan AR dapat membuat suatu tampilan data sensor secara <i>realtime</i> .
2	(Ching-seng wang, 2016)	Dalam jurnalnya menyatakan bahwa dengan menggunakan id dapat mengetahui posisi user dengan tepat. Serta dapat memunculkan objek AR dengan marker.
3	(Li <i>et al.</i> , 2013)	Pengalaman Baru Augmented Reality dimana menggunakan AR sebagai media ajar untuk melihat bagaimana responsiswa dengan metode ajar yang konvensional.
4	(Chianese and Piccialli, 2014)	Menyatakan bahwa dengan menggunakan WSN dia mampu merancang museum pintar dengan harapan semua lingkungan sekitar museum dapat berkomunikasi dengan internet.

### 2.1.2 Penelitian terkait *Augmented Reality* Marker

Metode pembacaan AR dengan marker (penanda) yaitu metode untuk memunculkan objek 3D keduniyanta. Menurut (Kim and Jun, 2011) dalam implementasi Augmented Reality di dalam smartphone ada beberapa proses, yaitu :

1. Tresholding
2. Contour detection
3. Rectangle Fitting
4. Undistortion
5. Pattern checking
6. Pose estimation

a. Thresholding

Thresholding adalah suatu metode yang digunakan untuk memisahkan antara *obyek* dan *background*. Proses tresholding merupakan awal dari proses pendektasian pada *smart phone*. Dimana *image* marker *dicapture* oleh kamera, kemudian di proses dengan memanfaatkan pixel gambar yang ditangkap. Jika nilai pixel lebih besar dari ambang batas nilai, pixel yang diatur untuk putih. Jika tidak, pixel diatur ke hitam. Contoh normal thresholding dan adaptive thresholding dapat dilihat pada Gambar 2.1.



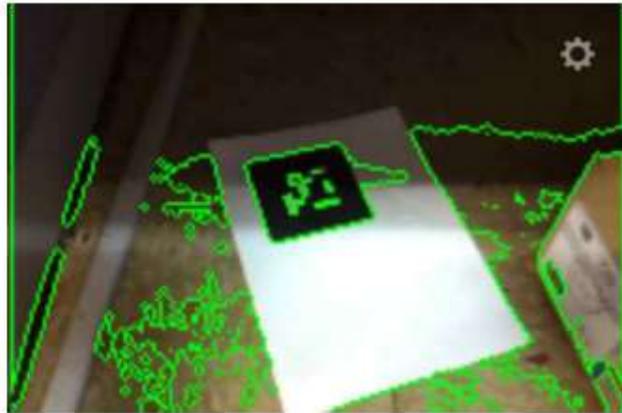
Gambar 2.1 Normal thresholding(*left*), adaptive (*right*) (Kim and Jun, 2011)

Pada penelitian sebelumnya cara ini digunakan dengan beberapa persamaan untuk memisahkan objek marker yang tepat. Agar kamera dapat membaca dengan akurasi yang baik. Dalam metode ini marker yang di baca oleh kamera akan di jadikan hitam dan lingkungan sekitar akan di jadikan putih.

Cara ini dilakukan agar marker terlihat jelas oleh kamera dan dapat terbaca baik. Karena marker yang di gunakan berwarna gelap dan membentuk pola hitam. Setelah proses ini dilakukan maka selanjutnya adalah proses deteksi tepi dari sebuah marker atau yang dikenal dengan kontur detection. Pada deteksi kontur ini garis tepi digunakan untuk mengetahui posisi marker dan membatasi ukuran marker untuk diketahui garis tepinya. Akan dijelaskan pada penjelasan berikutnya tentang kontur.

b. Deteksi kontur

Deteksi kontur digunakan untuk menyimpan batas-batas objek dalam gambar yang akan digunakan. Dalam deteksi ini, piksel yang gelap dianggap sebagai batas. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Contour Detection* (Kim and Jun, 2011)

c. Rectangle fitting

Pada tahap rectangle fitting adalah memeriksa semua poligon tertutup untuk benar-benar berada persegi panjang. Batas piksel pada Gambar 2.2 digunakan untuk tahap ini. Pada tahap ini, pertama, satu piksel dipilih secara acak dari batas piksel Sudut poligon pertama dipilih sebagai piksel yang jauh dari piksel pilihan sebelumnya.

d. Undistor

Untuk pola pemeriksaan, tahap ini adalah untuk mengubah koordinat objek 3D menjadi 2D. Homography matriks dihitung dibuat untuk mengubah setiap pixel dalam kandidat penanda dari koordinat 3D menjadi koordinat 2D.

e. Pattern checking

Untuk membedakan masing-masing penanda. Setiap marker mempunyai id penanda unik, jadi satu penanda dapat dibedakan dengan penanda lain. Penanda inilah yang akan menentukan objek 3D yang akan muncul.

f. Pose estimation

Dalam tahap pose estimation akan dimunculkan objek virtual yang telah diperitung dari koordinat penandanya. Objek yang muncul akan di sesuaikan dengan penanda yang telah di buat.



Gambar 2.3 Augmented Reality Marker(Penanda)(Kim and Jun, 2011)

Tahap dalam pembacaan AR pada Gambar 2.3 ini digunakan untuk mendapatkan marker AR yang dapat di baca oleh *smart phone* dengan pembacaan yang tepat dan umum di gunakan dalam setiap pembacaan AR. Dari cara pembacaan menggunakan marker masih kurang efektif bila di gunakan di luar ruangan, karena gambar yang di gunakan dapat rusak atau tidak terbaca oleh kamera. Oleh sebab itu di ciptakanlah AR markeless, dimana AR ini menggunakan koordinat GPS sebagai markernya.

### **2.1.3 Penelitian terkait *Augmented Reality Markerless***

Pada penelitian sebelumnya telah dibahas markeles dengan memanfaatkan ID. Markeles AR di ini menggunakan koordinat GPS. Dengan memanfaatkan posisi real pada dunia nyata untuk lokasi munculnya objek AR. Pada penelitian sebelumnya markeles AR telah digunakan sebagai penanda rumah. Namun belum di gunakan di dalam ruangan, karena kordinat sinyal dari GPS yang sangat lebar.

Menurut (grasset, 2012) dan (Navab *et al.*, 2012) metode *Markeless* (tanpa penanda) merupakan metode pembacaan AR tanpa image atau gambar sebagai penandanya. Tetapi dengan memanfaatkan lingkungan nyata itu sendiri sebagai penandanya. Konsep *markeless* tidak jauh berbeda dengan marker. Perbedaan dari *markeless* terletak pada pembacaan tandanya dengan menggunakan kordinat GPS atau ditangkap langsung dari lingkungan sekitar. Sehingga tanpa menggunakan kertas, objek 3D dapat muncul sesuai kordinat atau posisi yang kita inginkan seperti Gambar 2.4. Menurut (Wang *et al.*, 2013) GPS umumnya hanya bekerja dengan baik di lingkungan luar ruangan.



Gambar 2. 4 *Markeless* AR (grasset, 2012)

Pada penelitian kali ini akan di bahas tentang pembacaan AR dengan menggunakan *markeless* AR. Namun pada pembacaan *markeless* AR itu sendiri masih terdapat banyak kendala jika digunakan di dalam ruangan. Oleh sebab itu cara pembacaan *markeless* AR yang akan di bahas kali ini akan di lakukan di dalam ruangan dengan WSN

## 2.2 *Wireless Sensor Network* (WSN)

*Wireless Sensor Network* (WSN) adalah suatu infrastruktur jaringan nirkabel yang terdiri dari sejumlah node sensor yang tersebar di suatu area. Dimana masing-masing node sensor dilengkapi dengan radio transceiver beserta antena, mikrokontroler, sirkuit elektronik interfacing dan sumber energi (Patel and Shah, 2012). Didalam WSN tertanam deretan huruf hexa, didalam huruf hexa tersebut terdapat address atau ID sebagai penanda xbee dan RSSI sebagai kuat sinyal.

Teknologi WSN dapat digunakan untuk memonitor, control dan komunikasi. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa WSN adalah sebuah penghubung antara lingkungan fisik (*physical world*) dan dunia digital(*digital world*). Pada zigbee terdapat empat lapisan komunikasi, diantaranya adalah lapisan fisik, lapisan Media Access Control, lapisan jaringan, dan lapisan aplikasi. Penjelasan secara rincinya adalah sebagai berikut:

a. Lapisan Fisik

IEEE 802.15.4 mendefinisikan dua representasi dari lapisan fisik yang memiliki 3 lebar frekuensi tanpa lisensi yaitu 2,4 GHz dengan 16 channel, 902-928MHz dengan 10 channel, dan 868-870 Mhz dengan 1 channel dengan kecepatan data masing - masing 250 kbps, 40 kbps, dan 20 kbps.

b. Lapisan Media Access Control

Lapisan ini didefinisikan oleh IEEE 802.15.4 antara lain, mempunyai tugas untuk pengaksesan saluran. Tugas lain dari lapisan ini adalah untuk mendukung jaringan dimana memiliki alamat 64 bit dan setiap node memiliki alamat yang unik, jumlah node bisa mencapai 254 untuk sebuah koordinator sedangkan jumlah node bisa mencapai 65532 jika menggunakan topologi jaringan peer-topeer (mesh).

c. Lapisan Jaringan

Secara umum layanan manajemen jaringan dalam zigbee meliputi beberapa hal yaitu, konfigurasi perangkat, penetapan jaringan yang baru, keanggotaan jaringan, pengalamatan jaringan, pemilihan jenis keamanan jaringan, sinkronisasi, jaminan slot waktu, portabilitas, koordinator backup, resolusi konflik pengidentifikasi pada Personal Area Network (PAN). Intinya dari lapisan jaringan ini digunakan untuk membentuk suatu hubungan antar jaringan dari device ke device yang lain. Sehingga menjadi suatu anggota jaringan dan dapat di atur sedemikian ruapa untuk pengecekan jaringan serta keamanan jaringan itu sendiri.

d. Lapisan Aplikasi

Lapisan aplikasi pada arsitektur Zigbee terdiri dari sublayer aplikasi (APS), Zigbee End Device dan definisi pembuat objek aplikasi. Tanggung jawab dari sublayer APS meliputi kemampuan untuk mencocokkan dua perangkat secara bersama-sama yang

didasarkan pada layanan dan kebutuhan pengguna, dan menyampaikan pesan antara perangkat yang terkait. Tanggung jawab yang lain dari sublayer APS adalah melakukan pemulihan (discovery).

### **2.2.1 Standart Protokol IEEE Pada WSN**

WSN memiliki beberapa karakteristik, dimana karakteristik ini digunakan untuk memberi standart sesuai IEEE pada perangkat WSN. Pada 802.15.4 berfokus terutama pada komunikasi murah berkecepatan rendah antar perangkat. Kerangka dasar IEEE 802.15.4 mendefinisikan area komunikasi 10 meter dengan kecepatan transfer maksimum 250kbits / s. Ini adalah dasar untuk spesifikasi ZigBee, yang selanjutnya mencoba menawarkan solusi jaringan lengkap dengan mengembangkan lapisan atas yang terhubung dengan IEEE 802.15.4 MAC(Revision and Standard, 2006).

Menurut IEEE (Revision and Standard, 2006) (Man, Committee and Computer, 2006) mengeluarkan standart untuk *medium access layer* (MAC) dan (PHY) untuk *low-rate wireless personal area networks* (LEWPAN IEEE 802.15.4). IEEE 802.14.5 adalah multi optional pada multi MAC dan PHY layer yang tidak terlalu besar namun mendukung variasi layer yang lebih besar. Protocol IEEE 802.14.5 telah digunakan oleh Xbee S1 dan S2.

Pada Xbee S1 masing-masing node dapat bertindak sebagai *end device* dan *coordinator*. Secara singkat, *Wireless Sensor Network* (WSN) adalah suatu infrastruktur jaringan nirkabel yang terdiri dari sejumlah node sensor yang tersebar di suatu area. Teknologi WSN dapat digunakan untuk berbagaimacam kebutuhan seperti memonitor, komunikasi dan lain sebagainya.

Setiap protokol memiliki struktur data yang telah ditetapkan untuk struktur protokol IEEE 802.14.5 dapat dijabarkan pada Tabel 2.2. Dimana posisi ID terletak pada bagian ke empat pada deretan huruf hexsa. Dari situ dapat digunakan untuk menjadikan sebuah ID pembacaan pada objek AR. Sedangkan untuk RSSI terdapat pada deretan ke lima dari barisan huruf hexsa yang berfungsi sebagai pengirim data. dengan RSSI ini dapat di gunakan untuk mengukur jarak atau posisi pada sebuah node ke kordinator dengan beberapa cara.

Tabel 2.2 Struktur data Protokol IEEE 802.14.5

7E	00 10	83	00 10	32	00 01	1E	00 00	1B
Start	Length	API Frame	16 bit Address	RSSI	Options	Samples	ADC	Checksum

### 2.2.2 Protokol Zigbee

Protokol Zigbee merupakan protokol yang dikembangkan oleh zigbee alliance dimana protokol ini juga berdasar pada standar IEEE 802.15.4 yang menggunakan komunikasi berbasis MAC dan PHY layer (Revision and Standard, 2006)(Man, Committee and Computer, 2006), protokol ini sudah dilengkapi dengan beberapa fitur salah satunya adalah node yang menggunakan protokol ini dapat menjadi 3 jenis mode yakni end device, at-router, dan juga coordinator. Dengan demikian topologi yang digunakan pun juga lebih banyak.

Setiap protokol memiliki sebuah susunan tersendiri namun pada protokol zigbee memiliki susunan seperti Tabel 2.3. Dari susunan tersebut akan menentukan sebuah ID yang akan digunakan untuk sebuah identitas protocol.

Tabel 2.3 Struktur protocol Zigbee

7E	00 14	92	00 13 A2 00 40 8A D7 42		B9 8F
Header	Length	Frame Type	64-bit Addresses		16-bit Addresses
01	01	00 00	03	01 C0	C1
Receive Options	Number of Samples	Digital Channel Mask	Analog Channel Mask	ADC	Checksum

### 2.2.3 Topologi WSN

Wireless sensor network memiliki beberapa topologi jaringan (Patel and Shah, 2012), dimana topologi ini biasanya digunakan untuk menentukan posisi ideal dari WSN. Dengan menggunakan beberapa topologi ini diharapkan dapat mempermudah

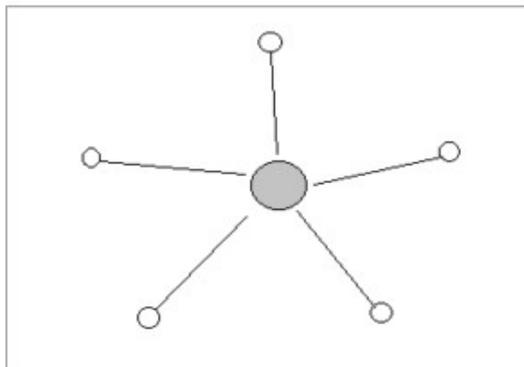
dalam proses pengiriman data dari node ke coordinator. Sehingga data yang akan di ambil lebih baik. Topologi tersebut sebagai berikut :

1. Topologi jaringan Single Hop Star.
2. Topologi jaringan Multi Hop Mesh dan Grid.
3. Topologi jaringan Two Tier Hierarchical Cluster.

Pengertian dari tiga topologi tersebut akan dijelaskan sebagaiberikut:

a. Topologi jaringan Single Hop Star

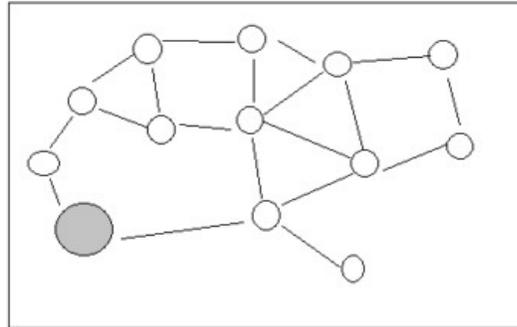
Dalam topologi ini, setiap node mengarah langsung ke gateway atau pengepul data. Topologi ini sangat mudah untuk diimplementasikan. Topologi ini memiliki beberapa kekurangan yaitu topologi ini baik digunakan pada jaringan WSN yang memiliki node yang sedikit dan area yang kecil. Namun topologi ini cocok dalam pengiriman data yang berdekatan dan lebih efektif saat digunakan untuk microlokasi. Kelemahan pada topologi ini adalah tidak dapat digunakan dengan jarak yang jauh. Selain itu jika di gunakan di beda ruangan topologi ini kurang mumpuni. Karena pengeiriman data langsung kekoordinatro langsung. Jika sedikit saja data terhalang maka data di anggap loss. Oleh sebab itu, pada penelitian ini di lakukan dengan topologi single hop star karena menggunakan lingkup yang kecil. Untuk sistem topologi ini dapat di lihat pada Gambar 2.5.



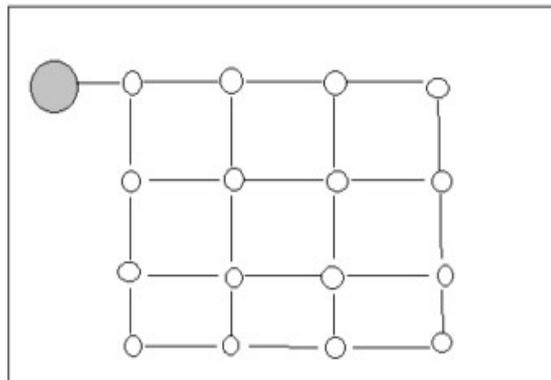
Gambar 2.5 *Single Hop Star*(Patel and Shah, 2012)

b. Multi Hop Mesh and Grid Topology

Untuk mengcover area yang cukup luas, topologi ini baik untuk digunakan. Pada topologi ini, sinyal bergerak dari satu sensor ke sensor lain hingga mencapai gateway. Rute perjalanan sinyal tergantung pada routing protocol yang dibuat oleh user. Untuk sistem topologi ini dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7.



Gambar 2.6 Multi Hop Mesh and Grid Topology (random)(Patel and Shah, 2012)

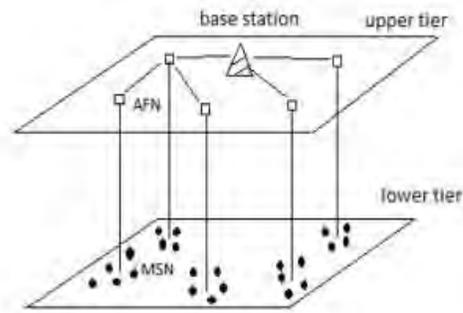


Gambar 2.7 Multi Hop Mesh and Grid Topology (struktur)(Patel and Shah, 2012)

c. Two-tier Hierarchical Cluster Topology

Arsitektur Topologi ini adalah yang paling umum digunakan pada jaringan WSN yang sangat luas. Pada topologi ini node pada daerah tertentu mengirimkan pada local cluster head. Kemudian masing-masing cluster head mengirimkan data yang telah dikumpulkan pada gateway. Jaringan ini dapat menggabungkan 2 cluster head atau lebih cluster head pada jaringan lain yang terkoneksi pada gateway lain dapat dilihat pada Gambar 2.8. Keuntungan menggunakan topologi ini adalah dapat membagi seluruh jaringan pada area kecil yang didalamnya dapat dikelola secara local. Namun ada

beberapa kelemahan dalam topologi ini yaitu jarak antar node yang jauh dapat mengakibatkan loss yang besar. Karena pengiriman data tergantung jarak. Semakin jauh jarak yang dilalui setiap node maka semakin lama data yang dikirim sampai ke coordinator. Hal ini mengakibatkan data loss atau delay yang terlalu lama. Sehingga data yang dikirim tidak real time.



Gambar 2.8 Two-tier Hierarchical Cluster Topology (Patel and Shah, 2012)

### 2.3 Internet Of Things (IOT)

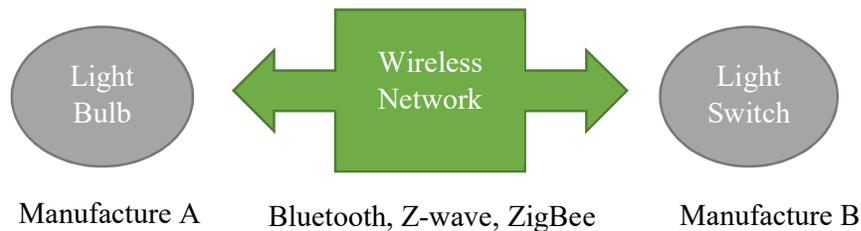
Menurut (Rose, Eldridge and Lyman, 2015) istilah ini umumnya mengacu pada skenario di mana konektivitas jaringan dan kemampuan komputasi meluas ke objek, sensor dan barang-barang sehari-hari biasanya tidak dianggap komputer, yang memungkinkan perangkat ini untuk menghasilkan, pertukaran dan mengkonsumsi data dengan campur tangan manusia minimal. Ada, bagaimanapun, tidak ada satu, definisi yang universal.

Proses pengiriman data menggunakan internet of things lebih baik jika menggunakan Device-to-Gateway. Karena pada proses pengiriman data ini Device bekerja sebagai penentu dan masuk ke gateway sebagai penanda. Sehingga tidak membebani data base dalam proses pengiriman data. Device-to-Gateway memiliki sistem keamanan yang lebih mumpuni dibandingkan dengan sistem yang lain. Karena sebelum sistem dikatan nyala atau mati pengiriman data harus melalui perangkat keras terlebih dahulu. Cara ini mencegah terjadinya pembobolan oleh pihak lain yang ingin merusak sistem.

Menurut (Rose, Eldridge and Lyman, 2015) terdapat beberapa contoh model komunikasi IOT diantaranya adalah sebagai berikut :

### 1. Device-to-Device Communications

Model komunikasi perangkat-ke-perangkat mewakili dua atau lebih perangkat yang langsung terhubung dan berkomunikasi antara satu sama lain, bukan melalui server aplikasi perantara. Perangkat ini berkomunikasi melalui berbagai jenis jaringan, termasuk jaringan IP atau Internet. Seringkali, namun perangkat ini menggunakan protokol seperti Bluetooth, 40 Z-Wave, 41 atau ZigBee<sup>42</sup> untuk membangun komunikasi perangkat-ke-perangkat langsung, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9. cara ini biasanya di gunakan unntuk komunikasi yang tidak terlalu luas atau dikenal dengan local house. Dalam pengiriman datanya lebih aman di bandingkan dengan Teknik yang lain.



Gambar 2.9 Device-to-Device Communications

### 2. Device-to-Cloud Communications

Dalam model komunikasi perangkat-to-awan, perangkat IOT terhubung langsung ke layanan cloud internet seperti penyedia layanan aplikasi untuk bertukar data dan mengontrol lalu lintas pesan. Pendekatan ini sering mengambil keuntungan dari mekanisme komunikasi yang ada seperti Ethernet kabel tradisional atau koneksi Wi-Fi untuk membuat sambungan antara perangkat dan jaringan IP, yang akhirnya menghubungkan ke layanan cloud. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Device-to-Cloud Communications

### 3. Device-to-Gateway Model

Dalam model perangkat-ke-gateway, atau lebih biasanya, perangkat ke application layer gateway (ALG) model, perangkat IOT menghubungkan melalui layanan ALG sebagai saluran untuk mencapai layanan cloud. Dalam istilah sederhana, ini berarti bahwa ada perangkat lunak aplikasi yang beroperasi pada perangkat gateway lokal, yang bertindak sebagai perantara antara perangkat dan layanan cloud dan memberikan keamanan dan fungsi lainnya seperti data atau terjemahan protokol. Dengan demikian perangkat yang tidak dapat terkoneksi ke internet dapat terkoneksi dan protokol yang digunakan dapat terbaca di internet. Model ini ditunjukkan dalam Gambar 2.11 dimana layer 1 adalah protokol yang digunakan sesuai setandart IEEE dalam jaringan dan terkoneksi dengan sensor dan perangkat lain untuk berkomunikasi ke sever.



Gambar 2.11 Device-to-Gateway Model

## 2.4 Parameter Kinerja Jaringan

Kinerja jaringan diukur dengan parameter quality of service (QOS). Dengan menggunakan parameter QOS pada jaringan WSN dapat menentukan keunggulan sistem dan kejelekan sistem yang digunakan. Beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengukur kinerja jaringan antara lain :

### a. Delay

*Delay* adalah jeda waktu antara paket pertama dikirim dengan paket tersebut diterima, untuk mencari *Delay* maka harus di lakukan persamaan 2.1. Dimana *s* merupakan total *Delay* dan sedangkan *nk* merupakan total keseluruhan data yang di terima.

$$Delay = \frac{s}{nk} \quad (2.1)$$

### b. Paket Loss

Packet *Loss* adalah banyaknya jumlah paket yang hilang selama proses pengiriman paket dari node asal ke node tujuan dan di ukur dalam packet *Loss* ratio pengukuran packet *Loss* ini digunakan sebagai bahan analisa jaringan pada komunikasi data secara realtime. Untuk menghitung packet loss dapat digunakan persamaan 2.2. Adapun persamaan yang telah di dapat adalah *Loss* merupakan paket *Loss* dalam setiap data yang dikirim. Sedangkan *Lo* adalah jumlah paket *Loss* data dan *Ln* merupakan total seluruh paket yang dikirim sampai kekoordinator.

$$Loss = \frac{Lo}{Ln} \times 100\% \quad (2.2)$$

### c. Error

Pengujian *Error* dilakukan untung mengetahui sistem berjalan dengan baik atau tidak. Kedepanya dapat dilakukan evaluasi sistem jika di anggap *Error* terlalu besar. Untuk mendapatkan nilai *Error* dapat menggunakan persamaan 2.3. Maka *Error* dari

setiap pengiriman data dapat di ketahui dengan  $et$  merupakan jumlah *Error* dan  $Er$  merupakan total keseluruhan data.

$$Error = \frac{et}{Er} \times 100\% \quad (2.3)$$

## 2.5 Metode Triangulasi dan RSSI

Triangulasi merupakan proses mencari koordinat dan jarak sebuah titik dengan mengukur sudut antara titik tersebut dan dua titik referensi lainnya yang sudah diketahui posisi dan jarak antara keduanya. Triangulasi dapat digunakan untuk menghitung koordinat dan jarak dari sebuah benda sampai kebenda yang lain. Metode triangulasi biasanya digunakan dalam pemasangan tower untuk jaringan telephone cellular. Dalam sebuah jaringan selalu dikenal dengan kuat sinyal dengan satuan dB. Microlokasi diterapkan pada metode ini yang telah di kembangkan sebelumnya oleh ibeacon pada penelitain(Lin *et al.*, 2015). Dimana kuat sinyal dari sebuah Bluetooth di lakukan perhitungan untuk mengetahui posisi user atau benda yang telah di pasang Bluetooth.

Perkiraan jarak berbasis RSS (*Received Signal Strength*) dilakukan dengan men-sense sinyal yang diterima dan mengukur daya total yang diterima, yang bisa menghasilkan sebuah estimasi jarak antara obyek target dan sensor lokasi. Nilai yang diterima menunjukkan kekuatan sinyal yang disediakan sebagai *Link Quality Indicator* (LQI) sebagai nilai *RSSI*. Ide dibalik RSS ini adalah daya transmisi yang dikonfigurasi pada perangkat transmisi ( $P_{tx}$ ) yang secara langsung mempengaruhi daya yang diterima pada perangkat penerima ( $P_{rx}$ ). Menurut persamaan ruang bebas, kekuatan sinyal yang terdeteksi menurun kuadratik dengan jarak ke pengirim. Persamaan 2.4 mewakili hubungan antara loss dengan eksponen jarak dengan daya,  $n$ , untuk penelitian ini di gunakan 2 dan efek random shadowing (fading) dengan fungsi mean Gaussian dengan standar deviasi dB,  $Z$ . Nilai path loss dalam dB,  $PL$ , sebagai fungsi jarak,  $d$ , melalui persamaan 2.4 (Lin *et al.*, 2015) . Sedangkan  $d(0)$  merupakan jarak user dengan coordinator.

:

$$PL(d) = 10 n \log \left( \frac{d}{d(0)} \right) + Z \quad (2.4)$$

Nilai  $n$  berdasarkan area pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 2.3:

Tabel 2.4 *Path Loss Exponent* (T. Rappaport., 2001).

<i>Environment</i>	<i>N</i>
Free Space	2
Urban area cellular radio	2.7 to 3.5
Shadowed urban cellular radio	3 to 5
In Building line of sight	1.6 to 1.8
Obstructed in building	4 to 6
Obstructed in factories	2 to 3

$P_{rx}$  adalah daya transmisi yang diterima dari transmitter,  $P_{tx}$  adalah gelombang power yang tersisa ditransmitter sedangkan  $n$  merupakan noise Gaussian additive dengan mean nol dan standar deviasi satu dapat di lihat pada Tabel 2.3. Pada perangkat penerima, kekuatan sinyal terima diubah menjadi indikator kekuatan sinyal terima ( $RSSI$ ) yang didefinisikan sebagai rasio dari daya yang diterima sebagai daya referensi ( $P_{ref}$ ). Biasanya daya referensi direpresentasikan sebagai sebuah nilai absolute dari  $P_{ref} = 1mW$ . Nilai  $RSSI$  bisa didapat dengan menggunakan persamaan 2.5 (Lin *et al.*, 2015).

:

$$RSSI = 10 \log\left(\frac{P_{rx}}{P_{ref}}\right) \quad (2.5)$$



Gambar 2.12 Contoh posisi dengan RSSI

Secara sederhana contoh posisi menggunakan *RSSI* ditunjukkan pada Gambar 2.12 dengan persamaan 2.5. Dimana setiap node akan terus menerus mengirim data berupa *RSSI* untuk di perkirakan keberadaan dari coordinator. Ada beberapa cara lain untuk mengetahui *RSSI* sebagai lokasi dengan menggunakan persamaan 2.6. Dari persamaan 2.6  $d$  merupakan distance dan  $P_{tx}$  adalah gelombang power yang tersisa ditransmitter ditetapkan sesuai dengan Xbee 0. Sedangkan  $n$  merupakan noise Gaussian additive dan di tetapkan pada apenelitian ini adalah 2.

$$d = 10 \frac{P_{tx} - RSSI}{10 \cdot n} \quad (2.6)$$

### 2.5.1 Algoritma Triangulasi

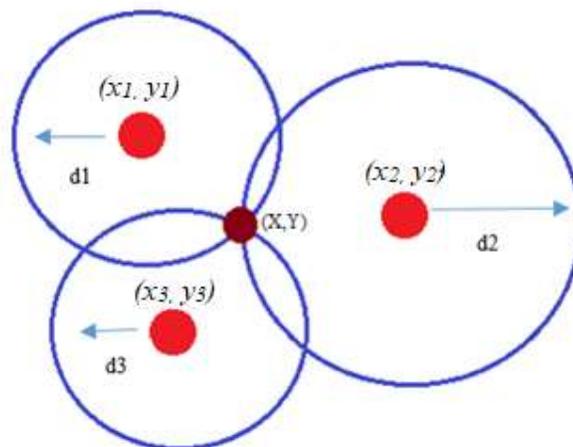
Triangulasi digunakan apabila daerah yang diukur ukuran salah satunya lebih besar daripada ukuran lainnya, maka dibuat rangkaian segitiga. Pada cara ini sudut yang diukur adalah semua sisi segitiga. Metode Trilaterasi yaitu serangkaian segitiga yang seluruh jarak jaraknya di ukur di lapangan. Pada jaring segitiga akan selalu diperoleh suatu titik sentral atau titik pusat. Pada titik pusat tersebut terdapat beberapa buah sudut yang jumlahnya sama dengan 360 derajat Algoritma Trilaterasi ini menghitung posisi node dengan menggunakan garis perpotongan dari tiga buah lingkaran node anchor dapat di lihat pada Gambar 2.13. Dari perpotongan tersebut akan di ketahu titik kordinator berda.

Dengan memperkirakan nilai *RSSI* dari masing-masing node menuju kordinator. Dari sini akan di ketahu perkiraan jarak untuk digunakan mmemperkirakan jarak sesungguhnya. Ada beberapa perangkat seperti GPS yang telah menggunakan metode ini. Adapaun cara pembacaan GPS untuk trilaterasi ini adalah satelit GPS mengirimkan informasi waktu (berdasarkan jam atom) dan koordinat satelit tersebut. dengan mengukur secara absolut waktu penerimaan sinyal (*TOA, time of arrival*), dan berdasarkan kenyataan bahwa sinyal tersebut merambat dengan kecepatan mendekati cahaya, GPS bisa menghitung jarak antara dirinya sendiri dengan satelit GPS tadi. dengan menghitung jarak dari minimal 3 buah satelit, dan koordinat tiap satelit sudah diketahui, GPS bisa menentukan koordinat tempat dia berada.

Proses penentuan titik koordinat adalah multilaterasi. Jika pada trilaterasi jarak dihitung berdasarkan pengukuran secara absolut waktu kedatangan sinyal, maka pada multilaterasi yang diukur adalah selisih waktu sinyal yang diterima (*TDOA, time difference of arrival*) dari minimal tiga buah pemancar yang sudah tersinkronisasi, atau sebaliknya, selisih waktu penerimaan sinyal yang diterima di minimal tiga buah titik yang sudah diketahui koordinatnya.

Dengan mengukur selisih waktu penerimaan sinyal dari satu pemancar ke sedikitnya tiga buah titik, bisa dihitung koordinat dari pemancar sinyal tersebut. salah satu implementasi dari teknik multilaterasi ini adalah pada teknologi *LBS, Localization-Based Systems*. di daerah urban, telpon seluler memonitor sinyal dari paling banyak 6 buah BTS, dan “mengunci” ke BTS dengan sinyal terkuat. Karena setiap BTS biasanya sudah diketahui koordinatnya, selisih waktu penerimaan sinyal (TDOA) dari telpon seluler bisa diukur dan dipergunakan untuk menghitung koordinat dari telpon seluler tersebut.

Metode ini sebelumnya juga sudah di terapkan oleh Ibecon untuk melakukan positioning pada ruangan dan museum. Selain itu pada penelitian Ibecon yang lain metode ini di gunakan untuk mengetahui posisi ruangan atau dikenal dengan microlokasi. Dengan memanfaatkan RSSI dan Trilaterasi, sedangkan trilaterasi ini sendiri biasa di gunakan untuk pemancar jaringan selular atau posisi antenna untuk radio dapat di lihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Model Penentuan posisi menggunakan algoritma Triangulasi

Estimasi posisi menggunakan trilaterasi, node harus tahu posisi dari tiga node referensi dan jarak kemasing-masing node anchor tersebut. Jarak dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7.

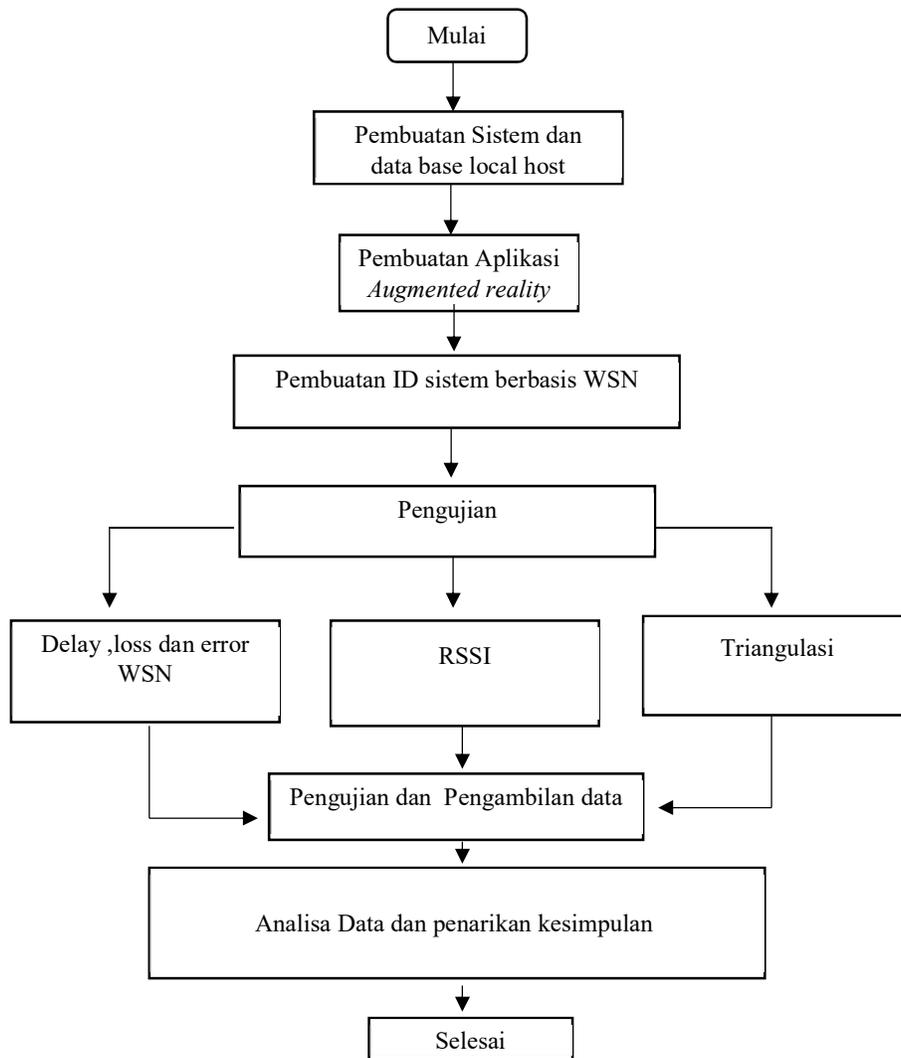
$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2.7)$$

Dimana  $(x,y)$  adalah posisi node  $x$  dan node  $y$ ,  $d$  merupakan distance atau jarak dari node anchor ke posisi node. Dari Gambar 2.13 X,Y adalah perkiraan posisi dari user berada.

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tahap Penelitian

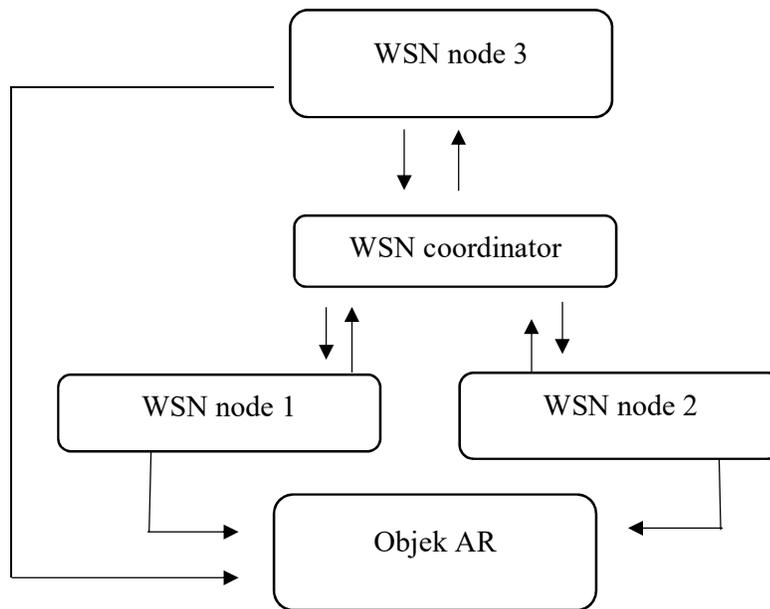
Pada tahap ini akan dibangun suatu sistem augmented reality pada smart museum berbasis *wireless sensor network* untuk mengenali objek benda pada museum menggunakan protokol IEEE 802.14.5 dan juga zigbee dalam mengenali marker untuk menampilkan objek AR. Tahapan dari penelitian dapat di lihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Gambaran Umum Sistem

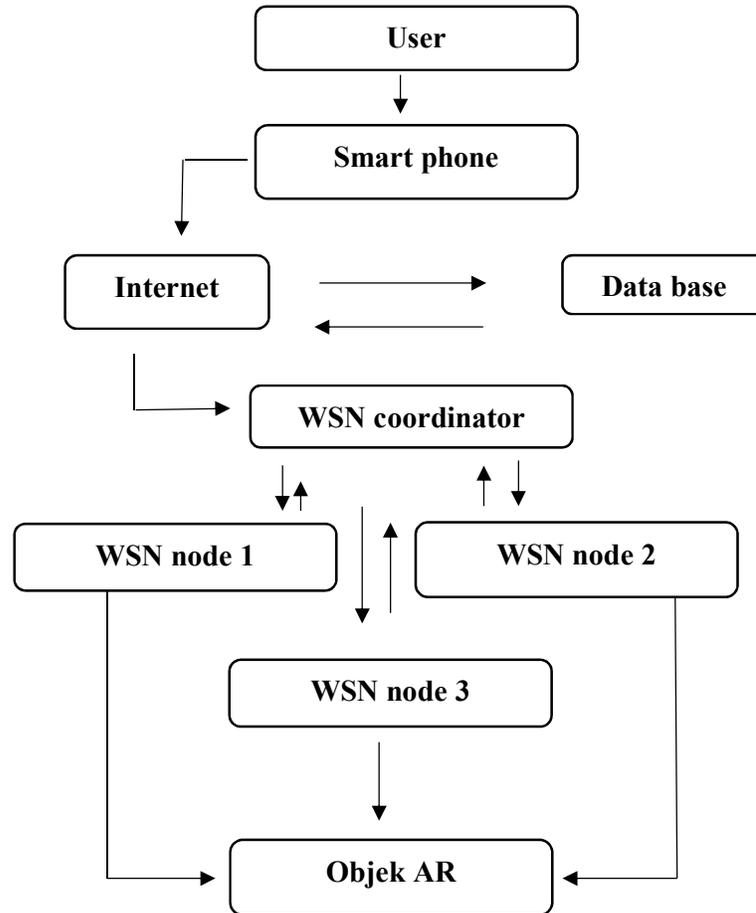
Pada penelitian ini akan dirancang sebuah sistem microlokasi untuk menentukan objek AR pengganti marker pada augmented reality berbasis *wireless sensor network* dengan menggunakan RSSI dan Triangulasi yang nantinya akan di terapkan pada museum. Berikut Gambar 3.2 bagaimana proses triangulasi dan RSSI dapat menampilkan objek ID.



Gambar 3.2 Sistem triangulasi dan RSSI

Selanjutnya tahapan kerja sistem pada WSN ini dimulai dari smartphone user yang terkoneksi dengan internet di museum. Kemudian user akan mendapatkan informasi dari benda yang sudah diletakkan *wireless sensor network*. Cara kerja *wireless sensor network* yang akan mulai mengirim data setelah mode *sleep*, kemudian node *wireless sensor network* mengirim sebuah packet data dengan deretan huruf hexa, dimana tiap protokol memiliki struktur paket yang berbeda. Selanjutnya struktur paket akan dikirimkan menuju coordinator dimana pada coordinator ini akan disediakan 1 buah arduino untuk buffer sehingga didapatkan ID dari *wireless sensor network*. Langkah selanjutnya data yang telah diperoleh akan dilanjutkan pada database menggunakan *ethernet shield*. Setelah data masuk dalam database maka selanjutnya, data akan

diambil untuk ditampilkan menjadi objek virtual pada aplikasi *Augmented Reality* dan user dapat menikmatinya. Untuk rancangan sistem dapat di lihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Rancangan Sistem

### 3.3 Pembuatan sistem

Pada pembuatan sistem ini terdiri dari 3 komponen yang harus dibuat yakni :

1. Triangulasi dan RSSI
2. Pembuatan database penampung data WSN.
3. Pembuatan aplikasi augmented Reality.

Berikut akan dijelaskan tahapan – tahapan yang telah disebutkan diatas. Berikut adalah penjabaran dari pembuatan sistem WSN sebagai pengganti marker :

a. Triangulasi dan RSSI

Pada tahap ini dilakukan pembuatan sistem untuk mengukur jarak dengan jarak yang telah di tentukan. Jarak tersebut di gunakan untuk menentukan microlokasi pada resiver. Dengan menaruh beberapa node WSN, dengan mengukur jarak max dan minimal RSSI pada WSN S1.

b. Pembuatan Data base

Pada tahapan ini akan dibangun database lokal menggunakan XAMPP untuk membangun database pada komputer. Kemudian setelah pembuatan database maka langkah selanjutnya adalah pembuatan file php untuk menulis dan menampilkan data pada database. Database lokal menggunakan XAMPP dapat di lihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Pembuatan data Base

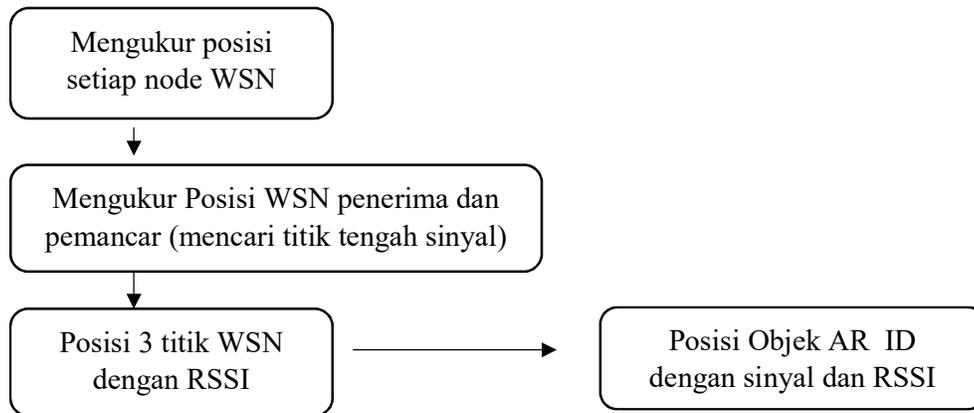
No	Time	ID	Objek	RSSI	Jarak (m)
1	12:22.03	16	Brahma	32	5.34
2	12:23.29	18	Ganesa	15	2.56
3	12:25.45	19	Siwa	17	3.89
4	12:26.31	18	Ganesa	22	4.21
5	12:29.23	16	Brahma	14	2.12

c. Pembuatan Objek AR

Pada tahapan ini akan dibangun aplikasi augmented reality yang nantinya akan dijadikan sebagai representasi dari data yang didapat dari sensor. Adapun dalam pembuatannya yakni menggunakan software unity dan plugins vuforia. Dalam pembuatan aplikasi ini juga disisipi script tambahan yang berfungsi untuk sinkronisasi data dari database ke aplikasi, adapun script untuk sinkronisasi tersebut menggunakan C#.

### 3.4 Metode Usulan

Dengan menggunakan triangulasi dan RSSI untuk menentukan lokasi dari WSN Resiver dan smartphone yang akan digunakan untuk melihat objek AR. Dalam proses Analisa akan dilakukan beberapa tahap. Tahap tersebut akan di jelaskan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Tahap metode

Pengukuran posisi di lakukan dengan cara manual menggunakan meteran, hal ini berfungsi untuk mengetahui jarak setiap node pada WSN. Dengan mengetahui setiap node pada WSN barulah mengukur titik tengah untuk mengetahui kuat sinyal yang saling bersilangan. Tahap selanjutnya pengukuran dengan RSSI atau sinyal yang dihasilkan dengan mengonfersikanya ke dalam satuan meter. Dengan pengukuran ini akan diketahui jarak masing-masing node dan kuat sinyal yang berada pada titik tengah sesuai dengan RSSI nya. Posisi objek pada dunia virtual akan di sesuaikan dan di ukur sesuai dengan posisi pada dunia nyata. Sehingga akan didapatkan posisi objek itu diletakkan.

### 3.5 Data ID AR dengan WSN

Penulis menggunakan protocol IEEE 802.14.5 yang ditanamkan pada Xbee S1. Setiap protocol memiliki struktur data yang berbeda, namun baris pada setiap protocol yang digunakan memiliki fungsi yang sama. Pada Xbee S1 alamat atau ID terdapat pada baris ke 4. Dengan ID ini penulis menggantikan marker pada *Augmented Reality*. Pada

Table 3.2 dijelaskan bagaimana baris dari huruf hexa pada protocol 801.14.5 yang terdapat pada Xbee S1.

Tabel 3.2 Struktur data Protokol IEEE 802.14.5

7E	00 10	83	00 18	32	00 01	1E	00 00	1B
Start	Length	API Frame	16 bit Address	RSSI	Options	Samples	ADC	Checksum

Untuk model pengiriman data, penulis menggunakan Device-to-Gateway. Dalam model perangkat-ke-gateway, atau lebih biasanya, perangkat ke application layer gateway (ALG) model, perangkat IOT menghubungkan melalui layanan ALG sebagai saluran untuk mencapai layanan cloud. Dalam istilah sederhana, ini berarti bahwa ada perangkat lunak aplikasi yang beroperasi pada perangkat gateway lokal, yang bertindak sebagai perantara antara perangkat dan layanan cloud dan memberikan keamanan dan fungsi lainnya seperti data atau terjemahan protokol.

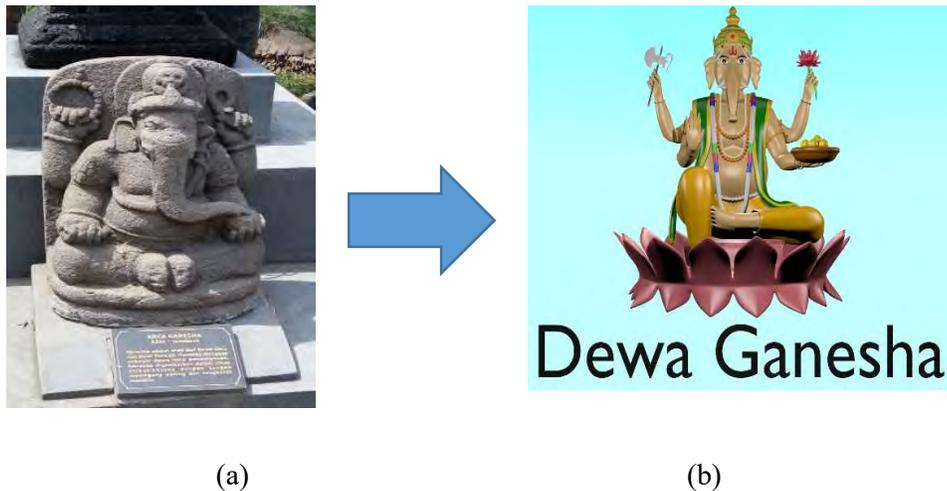
### 3.6 Skenario Pengujian Sistem

Menguji sistem dengan menggunakan triangulasi dan RSSI sebagai micro lokasi yang digunakan untuk menentukan posisi dari user dan kordinat munculnya objek virtual berbasis ID. Dalam skenario ini akan di ujikan beberapa pengujian. Pengujian sistem dengan RSSI untuk menentukan posisi objek yang akan muncul. Dengan mengukur distance dengan metode Triangulasi dan RSSI Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Triangulasi dan RSSI

Setelah didapat nilai dari RSSI berupa satuan dB. Maka akan didapatkan pula koordinat posisi receiver berada. Kemudian dianalisa. Untuk analisa pengukuran jarak dengan RSSI. Kemudian disesuaikan dengan jarak asli sesuai dengan jarak yang ditentukan. Sedangkan untuk objek AR pada dunia virtual akan di sesuaikan dengan ukuran jarak yang di pasang untuk setiap node WSN. Kemudian dianalisa objek AR muncul pada kondisi yang di tentukan. Objek yang diharapkan dapat di lihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 (a) Patung Ganesa (b) Objek AR patung Ganesa

### 3.6.1 Skenario pengujian QOS pada WSN

Setelah sistem selesai dibangun maka langkah selanjutnya adalah menguji coba dan pengambilan data sistem, kondisi *Line of sight* dan *Non-Line of sight*. Pengujian dengan singgelhop skenario dan pengujian dilakukan di museum yang terdapat banyak benda-benda bersejarah.

Untuk lokasi pengambilan data penulis menggunakan lokasi patung pada museum mpu tantular. Pengujian di lakukan pada patung dewa brahma, siwa dan ganesa. Pada tahapan pengujian ini nantinya akan di gunakan aplikasi XCTU dan Xampp sebagai analisis sistem untuk mengetahui kinerja perangkat yang digunakan pada berbagai skenario pengujian yang sudah di tentukan. Skenario yang diharapkan dapat di lihat pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8.



Gambar 3.7 Letak Node WSN



Gambar 3.8 Objek virtual muncul

Gambar 3.7 dan Gambar 3.8 merupakan posisi dalam pengujian LOS dan NLOS yang dilakukan pada dewa Brahma. Dimana posisi patung pada dewa brahma sendiri diletakkan pada posisi yang kurang efektif. Sehingga pada kondisi ini perlu dilakukan pengaturan posisi yang tepat.

### 3.6.2 Cakupan Area PerNode Kondisi LOS dan NLOS

Pada tahapan ini akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah di buat dengan cara melakukan pengujian untuk mengetahui luas cakupan area maksimal dan signal yang didapat pada perangkat Xbee S1 yang sudah dimodifikasi. Pengujian akan dilakukan secara real time pada kondisi *line of sight* (LOS) dan *non line of sight* (NLOS). Untuk area pengujian *line of sight* di lakukan di luar museum dengan kondisi tanpa halangan dan menaruh server didalam ruangan tertutup pada museum *non line of sight*,

hal ini digunakan untuk mengetahui jarak maksimal pernode. Gambar 3.9 dan Gambar 3.10 untuk pengujian LOS dan NLOS.



Gambar 3.9 LOS



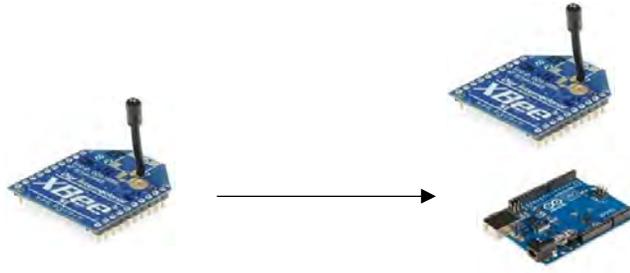
Gambar 3.10 NLOS

Dari pengujian pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10 akan didapatkan *Delay*, *Error* dan *Loss* untuk mengetahui kelayakan sistem pada pengiriman data.

#### 1. Pengujian Error

Pada pengujian sistem WSN ini akan dilakukan pengujian terhadap sistem dimana pada node akan diberikan ID untuk dikirim ke coordinator kemudian akan langsung dibaca dan dikoneksikan pada database. Pada skenario ini variabel yang dirubah ID user. Kemudian data transmitter dan receiver akan diolah sehingga dapat

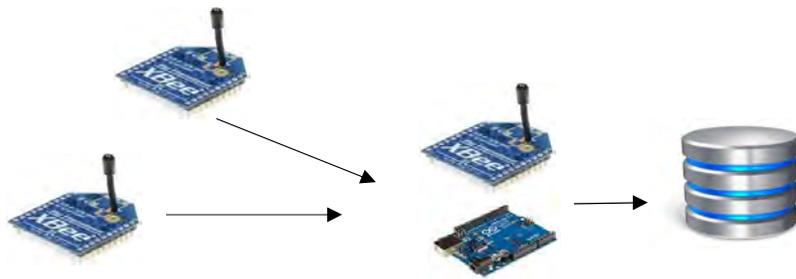
menghasilkan Packet Error dari total satu kali transmisi. Skema pengujian sistem dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Skema Pengujian Error

## 2. Pengujian Loss

Pada pengujian skenario ini secara garis besar sama dengan skenario 1 namun pada pengujian kali ini setelah data diterima pada *coordinator* akan dilanjutkan pada database. Pada skenario ini akan di tambahkan jumlah WSN untuk mengamati Loss. Skema paket loss dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Pengujian Paket Los

## 3. Pengujian Delay

Pengujian delay akan dilakukan dengan menggunakan XCTU Xbee S1. Untuk pengujian delay pada database akan di gunakan Xampp. Delay pada pengiriman data dapat mempengaruhi objek dari AR yang akan muncul. Sehingga dilakukan pengujian delay untuk mengetahui performa dari sistem.

### **3.6.3 Analisa dan kesimpulan**

Tahapan akhir dari penelitian ini adalah analisa data dan penarikan kesimpulan. Setelah data dari proses pengujian sistem berhasil didapatkan, maka akan dilakukan analisa terhadap data yang diperoleh dari sistem yang dibangun. Bagaimana objek AR dengan ID WSN. Posisi dari AR dengan menggunakan metode triangulasi dan RSSI. Dan berapa persen jumlah Error, loss dan delay. Faktor-faktor yang mempengaruhi performa dari wireless sensor network yang diterapkan pada augmented reality. Bagaimana performa WSN sebagai ID, posisi objek AR dan pengirim data dengan menganalisa LOS dan NLOS.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab 4 ini akan membahas mengenai proses pelaksanaan pengujian sesuai dengan metode dan skenario yang dijelaskan pada Bab 3. Sedangkan, untuk pengujian pertama adalah implemementasi sistem. Pengujian pada implementasi sistem adalah untuk mengetahui keberhasilan sistem *wireless sensor network* yang telah dibuat.

#### 4.1 Implementasi Markeles AR dengan WSN

Implementasi pada sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat sesuai dengan perencanaan dan perancangan awal sistem. Pembuatan sistem ini terbagi menjadi 3 bagian, pembuatan database, microlokasi WSN untuk objek AR dan pembuatan aplikasi berbasis Augmented Reality dengan ID WSN. *Wireless sensor network* yang di gunakan adalah Xbee S1 dengan protocol IEEE 802.15.4. Selanjutnya adalah menentukan lokasi dengan triangulasi dan RSSI

##### 4.1.1 Pengujian Pengiriman Data WSN

Untuk pengujian pengiriman data dari node ke coordinator dengan mode API dilakukan dikarenakan untuk menguji apakah sistem yang telah dibangun sudah berjalan baik atau tidak. Pengujian ini di lakukan dengan mengirim data berupa deretan huruf hexsa pada WSN dan sinyal RSSI Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengujian sistem dengan protocol IEEE 802.14.5

	Node 1	Node 2	Node 3
	7E 00 10 83 00 18 44 00 23 10 00 03 FF 25	7E 00 10 83 00 16 44 00 45 10 00 03 FF 25	7E 00 10 83 00 19 24 00 48 10 00 03 00 25
Coordinator	7E 00 10 83 00 18 44 00 23 10 00 03 FF 25	7E 00 10 83 00 16 44 00 45 10 00 03 FF 25	7E 00 10 83 00 19 24 00 48 10 00 03 00 25
Status	Terkirim	Terkirim	Terkirim

Pengujian diatas mencoba mengirim packet data dengan protokol IEEE 802.14.5 dengan keterangan sebagai berikut 7E 00 10 83 00 18 32 00 01 1E 00 00 1B.

Dari struktur protocol yang digunakan oleh Xbee S1 terdapat beberapa fungsi. Adapun fungsi dari setiap baris data tersebut adalah 7E merupakan Start atau awal dari data dikirim dari node hingga ke koordinator. Data ini tidak pernah berubah dan akan selalu sama pada setiap melakukan pengiriman data. Untuk data dengan baris selanjutnya 00 10 merupakan Length berisi ukuran datagram dalam bytes yang juga termasuk header di dalamnya. Data ini dapat berganti-ganti tergantung kondisi dalam saat pengiriman data.

Sedangkan 83 merupakan API Frame (Application Programming Interface) pada Xbee. Jika API ini diaktifkan maka Xbee dapat melakukan komunikasi dengan lebih dari satu node atau dikenal dengan multi komunikasi. Pada API mode, seluruh data yang keluar/masuk dari ke Xbee S1 terdiri dari paket data yang berisi informasi atau operasi yang sedang terjadi di dalam modul dan angka ini selalu berubah. Untuk mengetahui ID dari sebuah Xbee maka ini dapat di gunakan 00 18 pada baris data ke 4. Pada baris ini biasanya dikenal dengan 16 bit address atau no alamat node. Fungsi ID ini bertujuan untuk menunjukkan posisi WSN yang aktif. Untuk mengetahui kuat sinyal dapat dilihat baris ini, dimana 32 merupakan RSSI dari node yang di kirim ke koordinator. Data berikutnya 00 01 berfungsi untuk option pada Xbee dan data ini dapat berubah-ubah. Pada data ini 1E yang dikenal dengan Samples, merupakan sampling data pada Xbee. Merupakan data ADC 00 00 nilai ini dapat berganti sesuai dengan port yang digunakan untuk pembacaan sensor. 1B merupakan parameter pembacaan dengan atau yang dikenal Checksum.

Dari data pengujian pada Tabel 4.1 dapat di simpulkan bahwa nilai yang terkirim dapat diterima dengan baik oleh koordinator. Dengan beberapa pengujian dilakukan untuk mendapatkan hasil maksimal maka selanjutnya akan diuji sistem yang telah dibuat dengan jarak yang di tentukan dengan metode triangulasi dan RSSI serta pengujian LOS dan NLOS untuk Analisa kualitas WSN sebagai microlokasi.

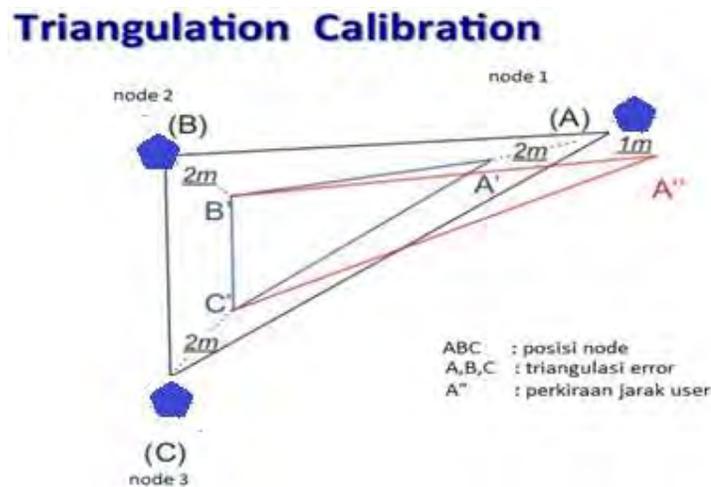
## **4.2 Triangulasi dan RSSI**

Pengukuran dan Analisa dalam metode ini dilakukan di museum mpu tantular. Dalam metode ini dilakukan beberapa tahap untuk memulai pengambilan data dan menganalisa bagaimana objek AR muncul. Serta menganalisa posisi objek terhadap sinyal yang di hasilkan oleh WSN. Ada beberapa tahap analisa yang dilakukan untuk

mengetahui bagaimana pengaruh AR berbasis ID WSN dapat menjadi suatu sistem baru dan dapat di terapkan di museum mpu tantular.

#### 4.2.1 Pengujian perkiraan posisi triangulasi

Pengujian triangulasi adalah untuk menentukan lokasi munculnya objek AR, selain itu penulis menggunakan triangulasi untuk mengukur jarak pernode WSN. Sebelum pengujian ditentukan jarak maksimal WSN 15m dari setiap node. Letak WSN berada di depan agar sinyal yang di kirim ke coordinator dapat langsung tepat sasaran tanpa terhalang apapun. Node 1 adalah ID 16, node 2 adalah ID 18 dan node 3 adalah ID 19. Sebelum pengambilan data di lakukan kalibrasi dengan perkiraan posisi menggunakan alat ukur. Untuk melihat bagaimana kalibrasinya dapat di liat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kalibrasi Triangulasi

Proses kalibrasi dilakukan untuk mengetahui perkiraan jarak user dengan node. Cara ini dapat dilakukan untuk mengurangi tingkat kesalahan dari microlokasi. A,B,C merupakan node yang mengirim sinyal. Sedangkan A, B dan C merupakan jarak perkiraan titik sinyal bertemu dan A'' merupakan titik loss sinyal. Jika A 2m , B 2m dan C 2m maka dapat di simpulkan perkiraan jarak user berada pada A,B dan C hingga A''.

Tabel 4.2 Jarak Dengan Triangulasi

$x1$	$x2$	$x3$	$y1$	$y2$	$y3$
1	2	1	1	1	1
3	2	4	1	3	6
1	4	2	2	6	5
5	3	1	6	4	5
4	3	1	6	6	3
5	6	9	4	7	1
3	7	6	5	4	5
6	7	7	9	5	4
7	10	4	10	3	7
8	3	5	2	1	1
3	5	3	3	5	6
1	2	6	4	4	9
9	7	7	5	1	6
6	8	8	4	7	7

Tabel 4.2 merupakan pengujian jarak yang dilakukan untuk di sesuaikan dengan perhitungan pada Tabel 4.3. Dari perhitungan ini didapatkan perkiraan jarak posisi dari node ke coordinator. Dengan  $x$  adalah jarak secara vertical masing-masing node dan  $y$  adalah jarak secara horizontal masing-masing node. Satuan untuk menentukan lokasi atau  $d$  adalah ( $m$ )meter.

Tabel 4.3 Perhitungan Kalibrasi Jarak Dengan Triangulasi

$x1$	$x2$	$x3$	$y1$	$y2$	$y3$	$d2(m)$	$d1(m)$	$d3(m)$
1	2	1	1	1	1	1	1	2.236
3	2	4	1	3	6	2.236	1.258	2.236
1	4	2	2	6	5	5	2.236	4.242
5	3	1	6	4	5	2.828	3.220	8.602
4	3	1	6	6	3	1	5.830	10.816
5	6	9	4	7	1	3.162	4.327	10.198
3	7	6	5	4	5	4.123	2.003	5.656
6	7	7	9	5	4	4.123	2.183	11.661
7	10	4	10	3	7	7.615	4.615	14.317
8	3	5	2	1	1	5.099	4.219	6.324
3	5	3	3	5	6	2.828	2.952	5.385
1	2	6	4	4	9	1	3.605	3.162
9	7	7	5	1	6	4.472	4.006	9
6	8	8	4	7	7	3.605	5.246	7.211

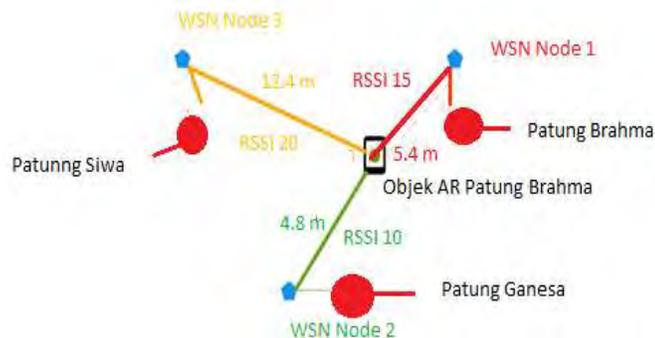
Pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3  $x_1$  adalah node 1,  $x_2$  adalah node 2 dan  $x_3$  adalah node 3. Sedangkan  $y_1$  adalah node 1,  $y_2$  adalah node 2 dan  $y_3$  adalah node 3. Sedangkan  $d1, d2$  dan  $d3$  merupakan estimasi rentang jarak posisi sinyal.

Pada Table 4.3 adalah hasil perhitungan secara acak posisi user berada. Analisa dari Table 4.3 merupakan estimasi posisi dari microlokasi menggunakan triangulasi. Pada kenyataannya, jarak ini akan berbeda ketika di kondisi real.

Menurut Analisa, ini di sebabkan karena sinyal yang di pancarkan Xbee tidak terlalu kuat, karena adanya beberapa factor yang mempengaruhi seperti power yang digunakan, keadaan lingkungan dan antena internal yang digunakan. Hal ini di kuatkan dari beberapa penelitian yang di lakukan dan di perkuat dari beberapa penelitain lain milik IBeecon. Dimana belum adanya posisi yang akurat pada sebuah microlokasi. Dikarenakan gelombang sinyal yang di kirim dapat terpengaruh keadaan lingkungan atau penyebaran sinyal yang kurang kuat. Sehingga posisi hanya dapat di estimasi dengan beberapa error. Setelah proses kalibrasi selesai dilakukan, selanjutnya adalah melakukan percobaan untuk mengetahui posisi benda berada dengan RSSI.

#### 4.2.2 RSSI (Radio (Received) Signal Strength Indicator)

RSSI adalah dimana posisi sinyal berada saat terjadi pertemuan sinyal antara WSN ID 16, ID18 dan ID19. Dengan mengetahui RSSI ini maka akan didapatkan posisi sinyal dari 3 WSN. Dengan mengetahui titik sinyal berada, akan lebih akurat saat coordinator berdekatan dengan node Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Perkiraan Posisi Objek AR

Perkiraan jarak berbasis RSS (*Received Signal Strength*) dilakukan dengan men-sense sinyal yang diterima dan mengukur daya total yang diterima, yang bisa menghasilkan sebuah estimasi jarak antara obyek target dan sensor lokasi. Nilai yang diterima menunjukkan kekuatan sinyal yang disediakan sebagai *Link Quality Indicator* (LQI) sebagai nilai *RSSI*.

Pada tahap ini dilakukan percobaan untuk mengetahui posisi dengan RSSI pada WSN. RSSI merupakan suatu perhitungan jarak dengan sinyal. Setiap WSN S1 memiliki RSSI yang sama dengan Tx +0 dBm dan Rx -92 dBm. Sedangkan S1pro dengan Tx +18 dBm dan Rx -100 dBm. Sedangkan S2 dengan Tx +3 dBm dan Rx -95 dBm. Rx dan Tx mempengaruhi proses perhitungan dalam menganalisa data. dalam pengujian ini penulis menggunakan Xbee S1 untuk mengetahui RSSI dari setiap node WSN dan memperkirakan jarak setiap node sampai ke user.

Dimana setiap node memiliki ID yang berbeda-beda dan objek AR yang telah di berikan menurut ID yan di gunakan. Pengujian ini dengan data pada Tabel 4.4 dengan menggunakan ID 16 berupa objek Brahma. Objek ini muncul sesuai dengan posisi kamera dari smart phone berada dan objek ini akan sesuai dengan posisi setingan pada semesta virtual.

Tabel 4.4 RSSI WSN Manual ID16

Tx Power	RSSI (dB)	N	Jarak (m)	status
0	5	2	2.5	Tidak
0	10	2	4.8	Tidak
0	15	2	5.4	Muncul
0	20	2	12.4	Tidak
0	26	2	22.3	Tidak

Pada Tabel 4.4 posisi RSSI 15 yang di gunakan sebagai pengujian ini perkiraan jarak adalah sebesar 5.4 meter dari node dengan ID 16. Perkiraan jarak ini masih melenceng dari set point yang di tentukan. Hal ini di pengaruhi banyak factor diantaranya adalah factor lingkungan yang membuat penyebaran sinyal WSN mengalami intrefrensi dan mengakibatkan pengiriman data dari node ke coordinator mengalami gangguan.

Tabel 4.5 RSSI WSN Manual ID18

Tx Power	RSSI (dB)	N	Jarak (m)	status
0	5	2	2.8	Tidak
0	10	2	3.7	Tidak
0	15	2	6.7	Muncul
0	20	2	11.2	Tidak
0	26	2	23.3	Tidak

Pada Tabel 4.5 posisi RSSI 15 yang di gunakan sebagai pengujian ini perkiraan jarak adalah sebesar 6.7 meter dari node dengan ID 18. Perkiraan jarak ini masih melenceng dari set point yang di tentukan. Dari data yang di dapat kesalahan jarak di dapatkan karena ada beberapa hal. Hal ini di pengaruhi banyak factor diantaranya adalah factor lingkungan yang membuat penyebaran sinyal WSN mengalami intrefrensi dan mengakibatkan pengiriman data dari node ke coordinator mengalami gangguan. Namun dari pembacaan sistem ini cukup baik karena objek dapat muncul meskipun delay yang masih terlalu lama.

Tabel 4.6 RSSI WSN Manual ID19

Tx Power	RSSI (dB)	N	Jarak (m)	status
0	5	2	2.3	Tidak
0	10	2	4.2	Tidak
0	15	2	6.2	Muncul
0	20	2	9.7	Tidak
0	26	2	22.2	Tidak

Pada Tabel 4.6 posisi RSSI 15 yang di gunakan sebagai pengujian ini perkiraan jarak adalah sebesar 6.2 meter dari node dengan ID 19. Perkiraan jarak ini masih melenceng dari set point yang di tentukan. WSN mengalami intrefrensi dan mengakibatkan pengiriman data dari node ke coordinator mengalami gangguan.selanjutnya akan di lakukan perhitungan untuk mendapatkan perkiraan jarak anantara node ke coordinator dengan melihat Tabel 4.7.

Tabel 4.7 RSSI WSN Perhitungan

Tx Power	RSSI (dB)	N	Jarak (m)	status
0	5	2	1.778279	Tidak
0	10	2	3.162278	Tidak
0	15	2	5.623413	Muncul
0	20	2	10	Tidak
0	26	2	19.95262	Tidak

Dari pengamatan dan Analisa data secara manual dan perhitungan, didapatkan perkiraan titik muncul objek AR. Serta dapat di perkirakan lokasi setiap WSN dengan user. Dalam hasil analisa yang di peroleh dari Gambar 4.2, jarak menggunakan RSSI masih belum terlalu akurat ditunjukkan pada Table 4.4 sampai 4.6. Perbedaan anatar hasil yang di peroleh secara manual dan perhitungan yang di tunjukkan pada Tabel 4.7 diakibatkan banyak *factor*. Seperti *factor power*, interfrensi dan antena iternal Xbee. Sehinga hasil penyebaran sinyal kurang baik dan mengakibatkan perbedaan pada posisi tersebut. Diperkuat dari penelitin IBeecon yang telah di jelaskan sebelumnya mengenai microlokasi.

Selanjutnya akan di lakukan pengujian posisi RSSI dengan tiga node WSN untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Dengan sinyal WSN yang telah di pancarkan tadi dapat dilakukan perkiraan posisi user berada. Hasil dari perbandingan ini dapat di lihat pada Tabel 4.8 dapat di ketahui objek apa yang muncul.

Tabel 4.8 RSSI Objek WSN dengan Perhitungan

ID	Tx Power	RSSI	N	d(m)	status
16	0	18	2	7.9622	0
18	0	10	2	3.1043	0
19	0	14	2	5.012	AR Dewa siwa
RSSI 3 node	0	14	2	5.012	

Dari Tabel 4.8 di ketahui objek AR dewa siwa karena d 5.012 sama degan 5.012 pada jarak yang di perkirakan sehingga objek muncul pada ID 19. Untuk mendapatkan RSSI 3 node ini di ambil rata-rata dari masing-masing node WSN. Nilai max dari

masing-masing WSN di rata - rata untuk mengetahui munculnya objek AR. Untuk mendapatkan nilai rata-rata selama proses pengujian dilakukan beberapakali dan tidak dapat di lakukan hanya sekali. Karena data yang tersimpan pada Xbee bergerak cepat dan harus delakukan pengamatan secara manual agar RSSI terlihat.

Dengan persamaan 4.4 dapat di ketahu berapa perkiraan jarak yang coordinator berada. Persamaan ini merupakan cara sederhana untuk menentuka jarak atau  $d$  dalam satuan meter. Dimana  $P_{tx}$  merupan ketentuan yang telah di tetapkan dari data sheeat Xbee yaitu Tx. Sedangkan RSSI merupakkuat sinyal yang di kirim oleh oleh xbee ke coordinator. Untuk nilai  $n$  sudah di tetapkan adalah kondisi tanpa nois yaitu 2. Dapat di lihat pada persamaan 4.1.

$$d = 10 \frac{P_{tx} - RSSI}{10 \cdot n} \quad (4.1)$$

Dari nilai RSSI ini dilakukan perhitungan dengan persamaan 4.4 untuk mendapatkan jarak sesungguhnya. Jarak ini dapat berubah sesuai dengan keadaan pengambilan data. karena jarak menggunakan RSSI merupakan estimasi dari kuat sinyal. Semakin kecil RSSI maka akan semakin dekat jarak kita. Untuk lebih lanjut dari pembacaan RSSI ini telah dilakukan percobaan di museum dengan tujuan untuk mengamati factor yang berpengaruh terhadap frekuensi dan mengamati munculnya objek AR. Selanjutnya akan di lakukan percobaan dengan ID 19 pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 RSSI Objek WSN dengan percobaan

ID	Tx Power	RSSI	N	d(m)	status
16	0	9	2	2.818	0
18	0	20	2	10	0
19	0	16	2	6.30	AR Dewa siwa
RSSI 3 node	0	15	2	5.623	

Menurut hasil percobaan saat di museum RSSI yang di dapatkan seperti pada Tabel 4.9. Terdapat perbedaan dari hasil RSSI perhitungan yang di tunjukkan pada Tabel 4.8. Pengaruh dari RSSI ini adalah dari itrefrensi sinyal WSN saat di lakukan pengujian di dalam museum. Selanjutnya akan di lakukan pengujian pada ID yang

berbeda. Dimana setiap ID terdapat objek AR yang berbeda juga. Adapun data yang di peroleh dengan hasil perhitunga akan di tunjukkan pada Tabel 4.10 dan hasil percobaan di tunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.10 RSSI ID 18 WSN dengan Perhitungan

ID	Tx Power	RSSI	N	d(m)	status
16	0	19	2	8.912	0
18	0	15	2	5.611	AR Dewa ganesa
19	0	11	2	3.548	0
RSSI 3 node	0	15	2	5.611	

Dari nilai RSSI ini dilakukan perhitungan dengan persamaan 4.4 untuk mmendapatkan jarak sesungguhnya. Jarak ini dapat berubah sesuai dengan keadaan pengambilan data. karena jarak menggunakan RSSI merupakan estimasi dari kuat sinyal. Semakin kecil RSSI maka akan semakin dekat jarak kita Pada Tabel 4.10 status dewa yang muncul adalah dewa Ganesa. Selanjutnya dilakukan pengujian di museum diharapkan didapatkan hasil yang sesuai dengan hasil perhitungan. Data percobaan dapat di lihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 RSSI ID 18 WSN dengan Percobaan

ID	Tx Power	RSSI	N	d(m)	status
16	0	20	2	10	0
18	0	18	2	7.943	AR Dewa ganesa
19	0	9	2	2.818	0
RSSI 3 node	0	15.66667	2	6.072	

Menurut hasil percobaan saat di museum RSSI yang di dapatkan seperti pada Tabel 4.11. Terdapat perbedaan dari hasil RSSI perhitungan yang di tunjukkan pada Tabel 4.10. Pengaruh dari RSSI ini adalah dari itrefrensi sinyal WSN saat di lakukan pengujian di dalam museum. Banyak factor intrefrensi di museum salah satunya adalah patung pada museum itu sendiri. Dimana patung merupakan benda yang dapat memantulkan gelombang radio sehingga data yang di dapat dari pantulan tersebut

kurang sesuai dengan yang di harapkan. Selanjutnya dilakukan pengujian pada Tabel 4.12 dengan ID 16 yaitu dewa brahma.

Tabel 4.12 RSSI ID 19 WSN dengan Perhitungan

ID	Tx Power	RSSI	N	d(m)	status
16	0	17	2	7.079	AR Dewa brahma
18	0	20	2	10	0
19	0	14	2	5.016	0
RSSI 3 node	0	17	2	7.079	

Pada Tabel 4.12 status dewa yang muncul adalah dewa brahma. Dari nilai RSSI ini dilakukan perhitungan dengan persamaan 4.4 untuk mendapatkan jarak sesungguhnya. Jarak ini dapat berubah sesuai dengan keadaan pengambilan data. karena jarak menggunakan RSSI merupakan estimasi dari kuat sinyal. Semakin kecil RSSI maka akan semakin dekat jarak kita. Selanjutnya dilakukan pengujian di museum diharapkan didapatkan hasil yang sesuai dengan hasil perhitungan. Data percobaan dapat di lihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 RSSI ID 19 WSN dengan Percobaan

ID	Tx Power	RSSI	N	d(m)	status
16	0	18	2	7.943282	AR Dewa brahma
18	0	17	2	7.079458	0
19	0	20	2	10	0
RSSI 3 node	0	18.33333	2	8.254042	

Menurut hasil percobaan saat di museum RSSI yang di dapatkan seperti pada Tabel 4.12. Terdapat perbedaan dari hasil RSSI perhitungan yang di tunjukkan pada Tabel 4.13. Pengaruh dari RSSI ini adalah dari itrefrensi sinyal WSN saat di lakukan pengujian. Banyak factor intrefrensi di museum salah satunya adalah patung pada museum itu sendiri. Dimana patung merupakan benda yang dapat memantulkan gelombang radio sehingga data yang di dapat dari pantulan tersebut kurang sesuai dengan yang di harapkan.

Dari hasil percobaan yang di lakukan, tingkat kesalahan masing-masing ID berbeda. Dimana pada ID 18 kesalahan lebih besar dibandingkan dengan ID yang lain. Kesalahan pada ID 18 perhitungan 5.6m sedangkan pada kondisi real 7.9m. Meskipun AR terbaca, tapi data yang didapat tidak sesuai dengan data seharusnya. Objek AR dapat muncul karena pada kondisi ini estimasi jarak yang di berikan adalah 4m sampai 8m hal ini di lakukan agar objek AR masih dapat terlihat stabil. Jika tidak digunakan estimasi jarak maka objek AR dipastikan susah keluar ataumalah tidak keluar sama sekali.

#### 4.2.3 Menentukan Lokasi Objek AR dengan RSSI

Tahap ini merupakan tahap dimana mengukur posisi yang ideal untuk menampilkan objek AR dengan ID WSN yang memanfaatkan triangulasi dan RSSI sebagai microlokasi. Pada tahap ini dilakukan pengukuran posisi objek AR pada dunia virtual dengan dunia nyata sesuai dengan ID yang di tentukan. Untuk kali ini akan di coba pada ID 16 dengan posisi yang di tentukan sebelumnya dan dilakukan percobaan aga mendapat posisi yang jauh lebih baik.

Tabel 4.14 Posisi dengan ID 16

Semesta Virtual			ID 16			
x	y	z	RSSI	Jarak (m)	Status	Posisi objek
-0.0110	0.1553548	0.04066894	17	7.01	Muncul	Samping
1	1	1	17	7.01	Muncul	Atas
2	2	2	17	7.01	Muncul	Jauh
3	3	3	17	7.01	Muncul	Jauh
0.011036	-0.375354	0.0409154	17	7.01	Muncul	Samping
1	1	1	10	4.9	Tidak	-
-0.0110	0.1553548	0.04066894	20	13.6	Tidak	-

Pada tahap pengujian ini di lakukan posisi objek AR yang sesuai dengan menentukan posisi semesta virtual dengan kondisi nyata. Dimana ada perbedaan pada kondisi ini untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Maka dilakukan percobaan pada Tabel 4.14 untuk mendapatkan posisi AR yang sesuai. RSSI 17 di dapatkan dari hasil percobaan RSSI 3 node pada pembahasan sebelumnya.

Posisi x,y dan z merupakan posisi pada semesta virtual. Posisi yang baik dan sesuai dalam pengujian ini adalah posisi di samping. Karena tidak menghalangi patung

aslinya dan dapat di gunakan sebagai perbandingan saat menikmati objek 3D. Pada posisi semesta virtual harus di lakukan berulang kali. Karena untuk membuat suatu posisi yang pas dengan dunia nyata sangatlah sulit. Pada ID 16 ini disesuaikan dengan percobaan di museum. Sehingga di dapatkan hasil dari posisi objek pada Tabel 4.14.

Selanjutnya adalah mengatur posisi dengan ID yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang di harapkan pada semesta virtual ke dunia nyata. Untuk melihat hasil dari percobaan makan dapat di lihat pada Tabel 4.15. Pada percobaan ini diharapkan dapat menjadi posisi yang ideal untuk objek AR muncul di dunia nyata dan user dapat menikmatinya. Posisi yang di tentukan tergantung dengan posisi benda saat melakukan pengujian dan harus di lakukan berkali-kali agar posisi pas dan sesuai yang di inginkan. Pada percobaan kali ini posisi di lakukan untuk objek pada ID 18 dan hasilnya dapat di lihat pada Tabel 4.14 semesta virtual yang dimaksud adalah posisi pada Unity atau aplikasi yang di gunakan saat proses pengujian berlangsung.

Tabel 4.15 Posisi dengan ID 18

Semesta Virtual			ID 18			
x	y	z	RSSI	Jarak (m)	Status	Posisi objek
-0.1509636	-0.3483548	0.02533106	18	7.9	Muncul	Kiri
1	1	1	18	7.9	Muncul	Atas
2	2	2	18	7.9	Muncul	Jauh
3	3	3	18	7.9	Muncul	Jauh
-0.907	-0.348354	-0.09	18	7.9	Muncul	Depan
1	1	1	10	4.9	Tidak	-
-0.1509636	-0.3483548	0.02533106	20	13.6	Tidak	-

Pada tahap pengujian ini di lakukan posisi objek AR yang sesuai dengan menentukan posisi semesta virtual dengan kondisi nyata. Dimana ada perbedaan pada kondisi ini untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Maka dilakukan percobaan pada Tabel 4.15 untuk mendapatkan posisi AR yang sesuai. RSSI 18 di dapatkan dari hasil percobaan RSSI 3 node pada pembahasan sebelumnya.

Posisi x,y dan z merupakan posisi pada semesta virtual. Posisi yang baik dan sesuai dalam pengujian ini adalah posisi di kiri. Karena tidak menghalangi patung aslinya dan dapat di gunakan sebagai perbandingan saat menikmati objek 3D.

Selanjutnya adalah mengatur posisi dengan ID yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang di harapkan pada semesta virtual ke dunia nyata. Untuk melihat hasil dari percobaan makan dapat di lihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Posisi dengan ID 19

Semesta Virtual			ID 19			
x	y	z	dBm	Jarak (m)	Status	Posisi objek
-0.093	-0.3483548	0.034	16	6.30	Muncul	Depan
1	1	1	16	6.30	Muncul	Atas
2	2	2	16	6.30	Muncul	Jauh
3	3	3	16	6.30	Muncul	Jauh
-1.46	-0.88	-0.72	16	6.30	Muncul	kanan
1	1	1	10	4.9	Tidak	-
-0.093	-0.3483548	0.034	20	13.6	Tidak	-

Pada tahap pengujian ini di lakukan posisi objek AR yang sesuai dengan menentukan posisi semesta virtual dengan kodisi nyata. Dimana ada perbedaan pada kondisi ini untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Maka dilakukan percobaan pada Tabel 4.16 untuk mendapatkan posisi AR yang sesuai. RSSI 16 di dapatkan dari hasil percobaan RSSI 3 node pada pembahasan sebelumnya.

Posisi x,y dan z merupakan posisi pada semesta virtual. Posisi yang baik dan sesuai dalam pengujian ini adalah posisi di kanan. Karena tidak menghalangi patung aslinya dan dapat di gunakan sebagai perbandingan saat menikmati objek 3D. posisi ini harus disesuaikan dengan keadaan aslinya atau dunia nyata. Untuk mendapatkana posisi yang ideal perlu di kalukan percobaan berulangkali agar posisi yang di dapat sesuai dengan posisi yang di inginkan. Pada penelitian kali ini posisi yang di inginkan berjarak 5 meter dari setiap node.

Jarak yang ditentukan dapat ganti dan harus di sesuaikan dengan posisi yang telah diukur sebelumnya. Agar objek AR dapat muncul pada posisi yang di inginkan. Menurut Analisa pada tahap ini, masih banyak sekali kekurangan dalam proses pengukuran posisi objek muncul. Karena pengukuran menggunakan sinyal haruslah pada posisi yang sesuai. Objek AR masih terlihat tidak stabil,terkadang muncul dan terkadang hilang. Ada beberapa factor lain seperti power yang rendah dan intefrensi

sinyal. Agar data yang di dapat lebih jelas, maka akan di uji dan di analisa tentang performa WSN.

#### 4.2.4 Pengujian Performa WSN LOS dan NLOS

Kali ini pengujian data dilakukan untuk mengamati performa maksimal pengiriman data *wireless sensor network* dari node ke coordinator. Pengujian ini di lakukan di museum dengan kondisi LOS dan NLOS. Dengan tujuan untuk mengamati pengaruh pengiriman data pada benda-benda museum. Pengaruh pengiriman data ini dapat menentukan performa WSN pada kondisi LOS dan NLOS. Kondisi ini sangat berpengaruh terhadap tampilan objek AR. Sehingga dengan dilakukan pengujian ini dapat di ketahui apa saja yang jadi penghambat sistem ini berjalan. Proses pengambilan data dapat di lihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pengujian LOS di luar gedung

Dengan melakukan pengujian dan mengamati performa maksimal pada *wireless sensor network* pada kondisi LOS akan di dapatkan hasil untuk mendapatkan jarak maksimal pada transmisi data. Tujuan pengujian pengukuran jarak maksimal dilakukan adalah untuk mengetahui kualitas proses pengiriman data pada Xbee S1. Agar sistem dapat bekerja secara maksimal dan dapat di gunakan didalam ruangan Mpu Tantular .

Dengan melakukan pengujian dan mengamati performa maksimal pada *wireless sensor network* pada kondisi NLOS akan di dapatkan hasil untuk mendapatkan jarak maksimal pada trasmisi data. Tujuan pengujian pengukuran jarak maksimal dilakukan adalah untuk mengetahui kualitas proses pengiriman data pada Xbee S1. Agar sistem dapat bekerja secara maksimal dan dapat di gunakan didalam ruangan Mpu Tantular dalam kondisi yang terhalang oleh benda lain . Proses pengambilan data dapat di lihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengujian NLOS di dalam Gedung

Dalam pengambilandata LOS dilakukan pengambilan data Dengan keadaan tanpa halangan dan NLOS dengan halangan yaitu benda-benda yang terdapat dimuseum mpu tantular. Benda- benda tersebut meliputi patung, tembok dan tiang penyangga. Beberapa bendatersebut dapat mengganggu pengiriman gelombang radio dengan low power. Karena daya yang renda dapat membuat sinyal radio tidak sampai pada tujuan.

a. Pengujian LOS

Pengujian dilakukan di luar ruangan ruangan dengan keadaan LOS atau tanpa ada halangan apapun. Pengujian menggunakan 3 node WSN dengan ID 16 WSN S1, 18 WSN S1 dan ID 19 WSN sebagai pengganti marker. Untuk melihat hasil dari pengujian pada ID 16 dapat di lihat pada Tabel 4.17. Dalam pengujian ini dilakukan tanpa halangan. Posisi dari node sampai kekoordinator dalam keadaan tidak terhalang.

Tabel 4.17 Pengujian sistem LOS dengan ID 16

NO	1 m	5 m	10 m	15 m	20 m	Tidak Tekirim
1	16	126	16	16	16	
2	16	16	16	16	16	
3	16	16	16	16	16	
4	16	16	16	16	16	
5	16	16	16	16	16	
6	16	10	16	16	16	
7	16	1	16	16	16	
8	16	0	16	16	16	
9	16	16	16	16	16	
10	16	16	16	16	16	
11	16	126	16	16	16	
12	16	16	16	16	16	
13	16	16	16	16	16	
14	16	126	16	16	16	
15	16	16	16	16	16	
16	16	0	16	16	16	
17	16	0	16	16	16	
18	16	16	16	16	16	
19	16	16	16	16	16	
20	16	0	16	16	16	
21	16	16	16	16	0	
22	16	0	16	16	16	
23	16	16	16	16	16	
24	16	16	16	16	16	
25	16	16	16	16	16	

Data pada Tabel 4.17 merupakan sebagian data yang di tampilkan dan data yang di ambil sebenarnya adalah sebanyak 71 kali dan didapatkan hasil rata-rata dari setiap pengiriman error dalam persen. Pengukuran jarak dilakukan mulai 1 meter sampai 20 meter. Pada jarak tertentu WSN akan mengalami kondisi loss atau data tidak terkirim sama sekali. Sehingga di lakukan pengamatan performa WSN agar data yang loss tadi tidak mengganggu proses pengiriman data saat Analisa di lakukan.

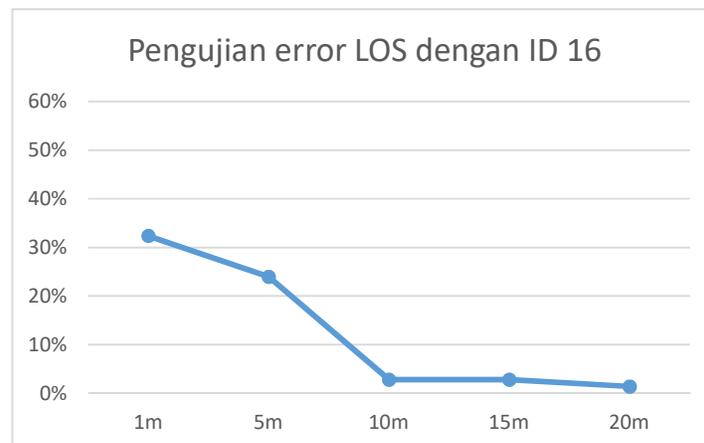
Pada Tabel 4.17 merupakan data dari ID16. Dan di dapatkan hasil dari perhitungan rata-rata kesalahan atau error terdapat pada Tabel 4.18. Data dari rata-rata ini di dapatkan dari perhitungan 71 data yang dilakukan secara berulang kali agar data yang di dapatkan baik.

Tabel 4.18 Pengujian error LOS dengan ID 16

Jarak	1 m	5 m	10 m	15 m	20 m
Data benar	48	54	69	69	70
Data salah	23	17	2	2	1
Salah %	32.39437	23.94366	2.816901	2.816901	1.408451
Status	Tekirim	Tekirim	Tekirim	Tekirim	Tekirim

Data pada Tabel 4.17 di ambil sebanyak 71 kali dan didapatkan hasil rata-rata dari setiap pengiriman error dalam persen pada Tabel 4.18. Didapatkan hasil jarak 1 meter dengan data benar sebanyak 48 data dan data salah sebanyak 23 data dengan persentase error 32.3% dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 5 meter dengan data benar sebanyak 54 data dan data salah sebanyak 17 data dengan persentase error 23.2% dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 10 meter dengan data benar sebanyak 69 data dan data salah sebanyak 2 data dengan persentase error 2.8 % dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 15 meter dengan data benar sebanyak 69 data dan data salah sebanyak 2 data dengan persentase error 2.8 % dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 20 meter dengan data benar sebanyak 70 data dan data salah sebanyak 1 data dengan persentase error 1.4 % dan status data terkirim.

Untuk melihat grafik error pada pengiriman data ini dapat di lihat pada Gambar 4.5. Dari data ini masih perlu di lakukan pengujian delay untuk mengetahui pengaruh error terhadap delay.



Gambar 4.5 Grafik Error pada pengiriman data LOS ID 16

Pengujian menggunakan 3 node WSN dengan ID 16 WSN S1, 18 WSN S1 dan ID 19 WSN sebagai pengganti marker. Untuk melihat hasil dari pengujian pada ID 18 dapat di lihat pada Tabel 4.18. Dari data ini akan di ketahui persentase error pada setiap node WSN saat pengiriman data pada jarak yang telah di tentukan.

Tabel 4.19 Pengujian sistem LOS dengan ID 18

NO	1 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m
1	18	18	18	18	18	Tidak Tekirim
2	18	18	18	18	18	
3	18	18	18	18	18	
4	18	18	18	18	18	
5	18	18	18	18	18	
6	18	18	18	18	18	
7	126	1	18	18	18	
8	0	131	18	18	18	
9	18	0	18	18	18	
10	18	72	18	18	18	
11	18	18	18	18	18	
12	126	18	18	18	18	
13	0	18	18	126	18	
14	18	126	18	18	18	
15	18	18	18	18	18	
16	0	18	18	18	18	
17	0	18	18	18	18	
18	18	131	18	18	18	
19	1	18	18	18	18	
20	1	126	18	18	18	
21	0	126	18	18	18	
22	18	126	18	18	18	
23	18	126	18	18	18	
24	126	18	18	18	131	
25	18	18	18	18	18	

Data di ambil sebanyak 71 kali dan didapatkan hasil rata-rata dari setiap pengiriman error dalam persen. Pengukuran jarak dilakukan mulai 1 meter sampai 20 meter. Pada jarak tertentu WSN akan mengalami kondisi loss atau data tidak terkirim sama sekali. Sehingga di lakukan pengamatan performa WSN agar data yang loss tadi tidak mengganggu proses pengiriman data saat Analisa di lakukan. Tabel 4.19

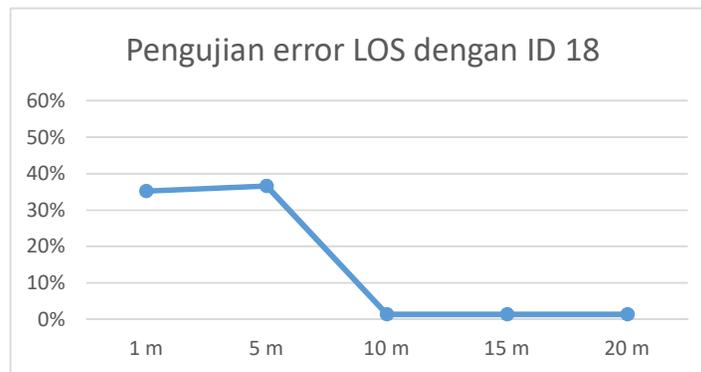
merupakan data dari ID18. Dan di dapatkan hasil dari perhitungan rata-rata kesalahan atau error terdapat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Pengujian error LOS dengan ID 18

Jarak	1 m	5 m	10 m	15 m	20 m
Data benar	46	45	70	70	70
Data salah	25	26	1	1	1
Salah %	35.21127	36.61972	1.408451	1.408451	1.408451
Status	Tekirim	Tekirim	Tekirim	Tekirim	Tekirim

Data pada Tabel 4.19 sebanyak 71 kali dan didapatkan hasil rata-rata dari setiap pengiriman error dalam persen pada Tabel 4.20. Didapatkan hasil jarak 1 meter dengan data benar sebanyak 46 data dan data salah sebanyak 25 data dengan persentase error 35.2% dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 5 meter dengan data benar sebanyak 45 data dan data salah sebanyak 26 data dengan persentase error 36.6% dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 10 meter dengan data benar sebanyak 70 data dan data salah sebanyak 1 data dengan persentase error 1.4 % dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 15 meter dengan data benar sebanyak 70 data dan data salah sebanyak 1 data dengan persentase error 1.4 % dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 20 meter dengan data benar sebanyak 70 data dan data salah sebanyak 1 data dengan persentase error 1.4 % dan status data terkirim.

Untuk melihat grafik error pada pengiriman data ini dapat di lihat pada Gambar 4.6. Dari data ini masih perlu di lakukan pengujian delay untuk mengetahui pengaruh error terhadap delay.



Gambar 4.6 Grafik Error pada pengiriman data LOS ID18

Pengujian menggunakan 3 node WSN dengan ID 16 WSN S1, 18 WSN S1 dan ID 19 WSN sebagai pengganti marker. Untuk melihat hasil dari pengujian pada ID 19 dapat di lihat pada Tabel 4.21. Dari data ini akan di ketahui persentase error pada setiap node WSN saat pengiriman data pada jarak yang telah di tentukan.

Tabel 4.21 Pengujian sistem LOS dengan ID 19

NO	1 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m
1	19	19	19	19	19	Tidak Tekirim
2	19	19	19	19	19	
3	19	19	19	19	19	
4	19	19	19	19	19	
5	72	19	19	19	19	
6	19	19	19	19	19	
7	19	1	19	19	19	
8	19	131	19	19	19	
9	19	0	19	19	19	
10	19	72	19	19	19	
11	0	19	19	19	19	
12	126	19	19	19	19	
13	0	19	131	19	19	
14	0	19	19	19	19	
15	126	19	19	19	19	
16	0	19	19	19	19	
17	0	19	19	19	19	
18	19	131	19	19	19	
19	1	131	19	331	19	
20	1	19	19	19	19	
21	1	19	19	19	19	
22	1	19	0	19	19	
23	0	126	19	19	19	
24	126	19	19	19	19	
25	19	19	19	19	19	

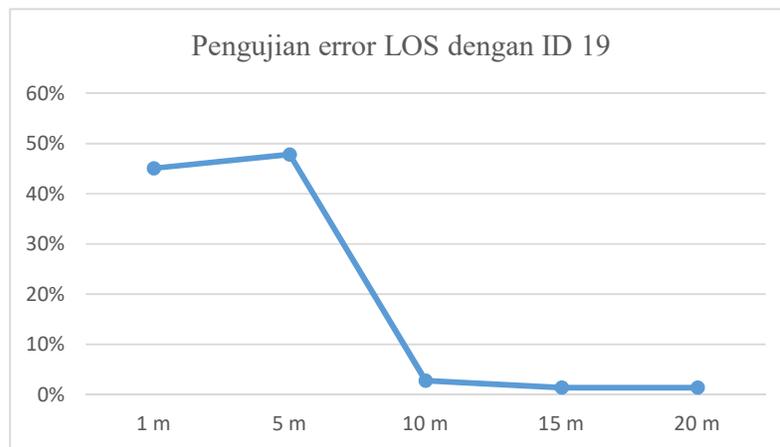
Data di ambil sebanyak 71 kali dan didapatkan hasil rata-rata dari setiap pengiriman error dalam persen. Pengukuran jarak dilakukan mulai 1 meter sampai 20 meter. Pada jarak tertentu WSN akan mengalami kondisi loss atau data tidak terkirim sama sekali. Sehingga di lakukan pengamatan performa WSN agar data yang loss tadi tidak mengganggu proses pengiriman data saat Analisa di lakukan. Tabel 4.21

merupakan data dari ID19. Dan di dapatkan hasil dari perhitungan rata-rata kesalahan atau error terdapat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Pengujian error LOS dengan ID 19

Jarak	1 m	5 m	10 m	15 m	20 m
Data benar	39	37	69	70	70
Data salah	32	34	2	1	1
Salah %	45.07042	47.88732	2.816901	1.408451	1.408451
Status	Tekirim	Tekirim	Tekirim	Tekirim	Tekirim

Data pada Tabel 4.21 diambil sebanyak 71 kali dan didapatkan hasil rata-rata dari setiap pengiriman error dalam persen pada Tabel 4.22. Didapatkan hasil jarak 1 meter dengan data benar sebanyak 39 data dan data salah sebanyak 32 data dengan persentase error 45.07% dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 5 meter dengan data benar sebanyak 37 data dan data salah sebanyak 34 data dengan persentase error 47.8% dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 10 meter dengan data benar sebanyak 69 data dan data salah sebanyak 2 data dengan persentase error 2.8 % dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 15 meter dengan data benar sebanyak 70 data dan data salah sebanyak 1 data dengan persentase error 1.4 % dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 20 meter dengan data benar sebanyak 70 data dan data salah sebanyak 1 data dengan persentase error 1.4 % dan status data terkirim. Untuk melihat grafik error pada pengiriman data ini dapat di lihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Gafik Error pada pengiriman data LOS ID19

Setelah dilakukan pengujian terhadap masing-masing WSN dengan ID yang telah di tentukan, maka pengujian untuk LOS ini dapat di perkirakan bahwa kondisi terbaik WSN adalh jarak 10 sampai 15 meter. Dari data ini masih perlu di lakukan pengujian delay untuk mengetahui pengaruh error terhadap delay. Selanjutnya adalah menganalisa kondisi NLOS pada pengiriman data di lingkungan museum Mpu tantular.

b. Pengujian NLOS

Pengujian dilakukan di luar ruangan dengan beberapa halangan seperti pohon,tembok dan batu. Pengujian menggunakan 3 node WSN dengan ID 16 WSN S1 , ID 18 WSN S1 dan ID 19 WSN S1 sebagai pengganti marker. Untuk melihat hasil dari pengujian pada ID 16 dapat di lihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Pengujian sistem NLOS dengan ID 16

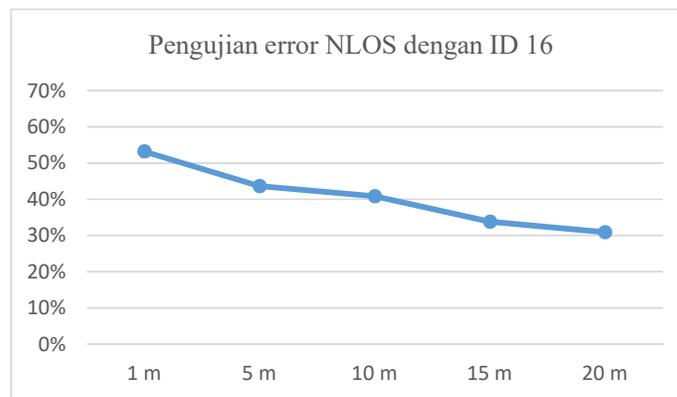
NO	1 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m
1	16	16	16	16	16	Tidak Tekirim
2	16	16	16	16	16	
3	16	16	16	16	16	
4	131	16	16	16	16	
5	1	16	126	0	16	
6	0	16	16	126	16	
7	131	126	126	0	16	
8	0	131	16	126	16	
9	16	16	0	16	16	
10	16	16	16	16	0	
11	16	72	16	16	126	
12	126	126	16	16	16	
13	16	131	16	16	16	
14	16	126	16	16	16	
15	16	16	16	16	16	
16	0	16	16	16	16	
17	1	16	16	126	16	
18	1	1	16	0	16	
19	16	121	16	16	16	
20	16	16	16	126	0	
21	16	0	0	126	94	
22	16	0	16	16	0	
23	121	16	0	16	16	
24	16	131	16	16	126	
25	16	126	0	16	126	

Data di ambil sebanyak 71 kali dengan kondisi NLOS dan didapatkan hasil rata-rata dari setiap pengiriman error dalam persen. Pengukuran jarak dilakukan mulai 1 meter sampai 20 meter. Pada jarak tertentu WSN akan mengalami kondisi loss atau data tidak terkirim sama sekali. Tabel 4.23 merupakan data dari ID16. Dan di dapatkan hasil dari perhitungan rata-rata kesalahan atau error terdapat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Pengujian error NLOS dengan ID 16

Jarak	1 m	5 m	10 m	15 m	20 m
Data benar	33	40	42	47	49
Data salah	38	31	29	24	22
Salah %	53.52113	43.66197	40.84507	33.80282	30.98592
Status	Tekirim	Tekirim	Tekirim	Tekirim	Tekirim

Data pada Tabel 4.23 diambil sebanyak 71 kali dan didapatkan hasil rata-rata dari setiap pengiriman error dalam persen pada Tabel 4.24. Didapatkan hasil jarak 1 meter dengan data benar sebanyak 33 data dan data salah sebanyak 38 data dengan persentase error 53.52% dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 5 meter dengan data benar sebanyak 40 data dan data salah sebanyak 31 data dengan persentase error 43.6% dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 10 meter dengan data benar sebanyak 42 data dan data salah sebanyak 29 data dengan persentase error 40.8 % dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 15 meter dengan data benar sebanyak 47 data dan data salah sebanyak 24 data dengan persentase error 33.8 % dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 20 meter dengan data benar sebanyak 49 data dan data salah sebanyak 22 data dengan persentase error 30.9 % dan status data terkirim Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Error pada pengiriman data NLOS ID16

Pengujian menggunakan 3 node WSN dengan ID 16 WSN S1, 18 WSN S1 dan ID 19 WSN sebagai pengganti marker. Untuk melihat hasil dari pengujian pada ID 18 dapat di lihat pada Tabel 4.25. Dari data ini akan di ketahui persentase error pada setiap node WSN saat pengiriman data pada jarak yang telah di tentukan.

Tabel 4.25 Pengujian sistem NLOS dengan ID 18

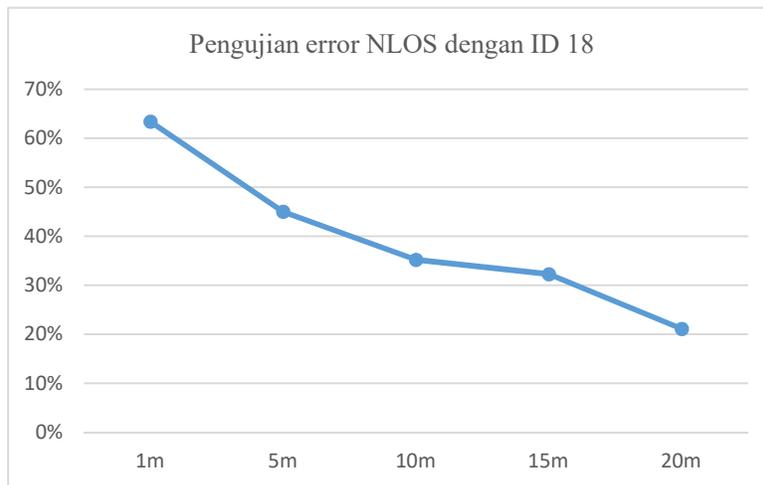
NO	1 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m
1	18	18	18	10	126	Tidak Tekirim
2	126	18	10	18	18	
3	18	18	0	0	126	
4	131	18	18	126	0	
5	1	18	126	18	126	
6	0	18	18	126	18	
7	18	126	126	0	18	
8	0	131	18	126	18	
9	0	18	0	18	18	
10	0	18	18	18	18	
11	0	72	18	18	18	
12	18	126	18	18	18	
13	18	131	18	18	18	
14	126	126	18	18	18	
15	126	18	18	18	18	
16	0	18	18	18	18	
17	1	18	18	18	126	
18	1	1	18	18	131	
19	18	18	18	18	18	
20	131	18	18	126	18	
21	126	0	0	126	94	
22	18	0	18	18	0	
23	18	18	0	18	18	
24	18	131	18	18	126	
25	18	126	0	18	126	

Data di ambil sebanyak 71 kali dengan kondisi NLOS dan didapatkan hasil rata-rata dari setiap pengiriman error dalam persen. Pengukuran jarak dilakukan mulai 1 meter sampai 20 meter. Karena lebih dari jarak itu data tidak terkirim dengan baik atau loss. Tabel 4.25 merupakan data dari ID18. Selanjutnya di dapatkan hasil dari perhitungan rata-rata kesalahan atau error terdapat pada Tabel 4.26. Dari data ini akan dapat di amati bagaimana kondisi WSN ketika terjadi halangan.

Tabel 4.26 Pengujian error NLOS dengan ID 18

Jarak	1 m	5 m	10 m	15 m	20 m
Data benar	26	39	46	48	56
Data salah	45	32	25	23	15
Salah %	63.38028	45.07042	35.21127	32.39437	21.12676
Status	Tekirim	Tekirim	Tekirim	Tekirim	Tekirim

Data pada Tabel 4.25 diambil sebanyak 71 kali dan didapatkan hasil rata-rata dari setiap pengiriman error dalam persen pada Tabel 4.26. Didapatkan hasil jarak 1 meter dengan data benar sebanyak 26 data dan data salah sebanyak 45 data dengan persentase error 63.3% dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 5 meter dengan data benar sebanyak 39 data dan data salah sebanyak 32 data dengan persentase error 45.07% dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 10 meter dengan data benar sebanyak 46 data dan data salah sebanyak 25 data dengan persentase error 35.2 % dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 15 meter dengan data benar sebanyak 48 data dan data salah sebanyak 23 data dengan persentase error 32.3 % dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 20 meter dengan data benar sebanyak 56 data dan data salah sebanyak 15 data dengan persentase error 21.1 % dan status data terkirim. Untuk melihat grafik error pada pengiriman data ini dapat di lihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik Error pada pengiriman data NLOS ID18

Pengujian menggunakan 3 node WSN dengan ID 16 WSN S1, 18 WSN S1 dan ID 19 WSN sebagai pengganti marker. Untuk melihat hasil dari pengujian pada ID 18 dapat di lihat pada Tabel 4.27. Dari data ini akan di ketahui persentase error pada setiap node WSN saat pengiriman data pada jarak yang telah di tentukan.

Tabel 4.27 Pengujian sistem NLOS dengan ID 19

NO	1 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m
1	19	19	19	19	19	Tidak Tekirim
2	19	19	19	131	19	
3	129	19	19	19	19	
4	19	19	131	19	19	
5	19	129	19	19	19	
6	0	0	19	19	19	
7	131	0	19	43	19	
8	19	19	19	19	19	
9	19	10	0	19	19	
10	128	19	19	33	19	
11	19	0	128	19	19	
12	19	128	19	19	131	
13	221	221	4	19	19	
14	19	0	19	121	0	
15	0	0	19	19	19	
16	19	19	31	19	122	
17	131	19	19	19	19	
18	19	0	0	31	0	
19	19	19	19	19	0	
20	36	19	88	1	19	
21	19	0	19	19	19	
22	19	128	19	45	19	
23	128	19	128	19	0	
24	19	19	19	19	19	
25	0	19	0	19	19	

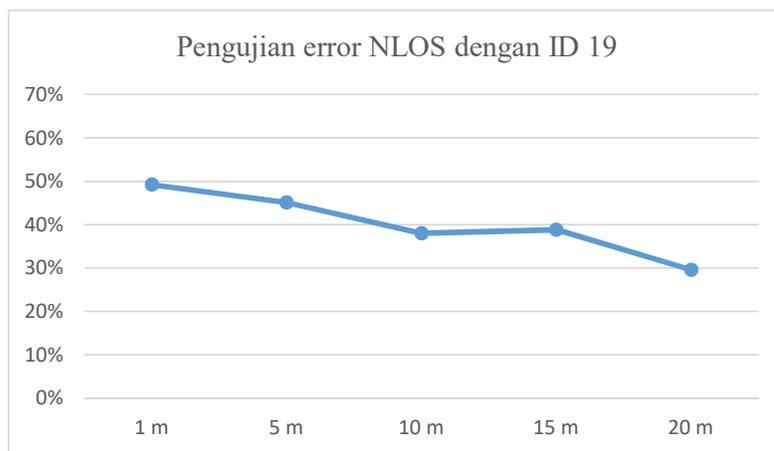
Data di ambil sebanyak 71 kali dengan kondisi NLOS dan didapatkan hasil rata-rata dari setiap pengiriman error dalam persen. Pengukuran jarak dilakukan mulai 1 meter sampai 20 meter. Karena lebih dari jarak itu data tidak terkirim dengan baik atau loss. Tabel 4.27 merupakan data dari ID19. Selanjutnya di dapatkan hasil dari

perhitungan rata-rata kesalahan atau error terdapat pada Tabel 4.28. Dari data ini akan dapat di amati bagaimana kondisi WSN ketika terjadi halangan.

Tabel 4.28 Pengujian error NLOS dengan ID 19

Jarak	1 m	5 m	10 m	15 m	20 m
Data benar	36	39	44	47	50
Data salah	35	32	27	24	21
Salah %	49.29577	45.07042	38.02817	33.80282	29.57746
Status	Tekirim	Tekirim	Tekirim	Tekirim	Tekirim

Data pada Tabel 4.27 diambil sebanyak 71 kali dan didapatkan hasil rata-rata dari setiap pengiriman error dalam persen pada Tabel 4.28. Didapatkan hasil jarak 1 meter dengan data benar sebanyak 36 data dan data salah sebanyak 35 data dengan persentase error 49.2% dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 5 meter dengan data benar sebanyak 39 data dan data salah sebanyak 32 data dengan persentase error 45.07% dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 10 meter dengan data benar sebanyak 44 data dan data salah sebanyak 27 data dengan persentase error 38.02 % dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 15 meter dengan data benar sebanyak 47 data dan data salah sebanyak 27 data dengan persentase error 33.80% dan status data terkirim. Didapatkan hasil jarak 20 meter dengan data benar sebanyak 50 data dan data salah sebanyak 21 data dengan persentase error 29.57% dan status data terkirim. Untuk melihat grafik error pada pengiriman data ini dapat di lihat pada Gambar 4.10.

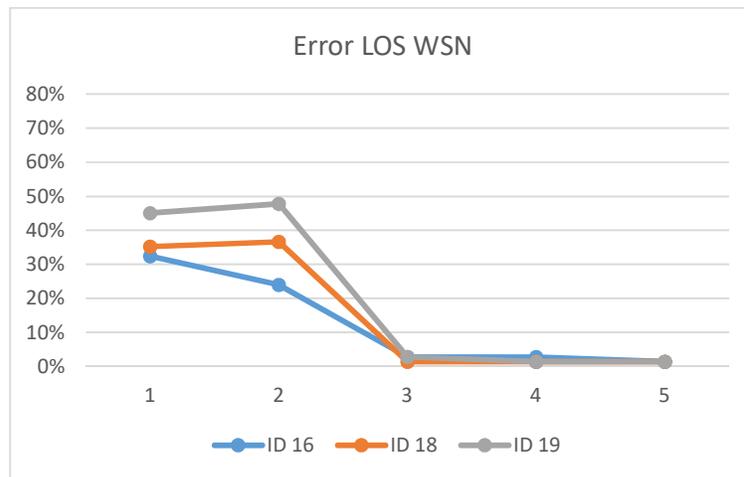


Gambar 4.10 Grafik Error pada pengiriman data NLOS ID19

Hasil dari pengujian pada table 4.17 sampai 4.23 dalam kondisi LOS dan NLOS dapat di simpulkan bahwa pengiriman data mengalami persentase error yang sangat tinggi ketika saat kondisi NLOS dan semakin dekat jarak node dengan coordinator juga mempengaruhi pengiriman data dan error. Pengertian error adalah seharusnya data yang dikirim oleh node adalah deretan huruf hexa yang sudah di tentukan dengan ID 16 Dewa brahma, ID 18 Dewa Ganesa dan ID 19 Dewa siwa. Namun ada beberapa factor lain error yang mempengaruhi pembacaan ID ini. Untuk lebih jelasnya pengujian error dilakukan pada tahap selanjutnya.

#### 4.2.5 Pengujian error

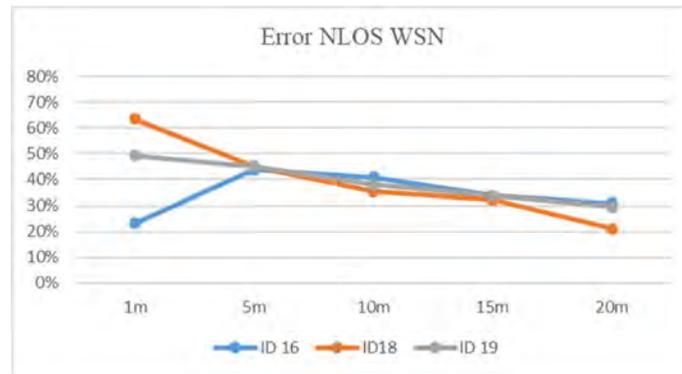
Pengujian kali ini digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem yang di buat untuk mendapatkan nilai error untuk di evaluasi dalam proses pengiriman data. Pada pengujian LOS apabila semakin jauh node dari coordinator, data yang diterima *coordinator* semakin baik. Dapat di lihat pada Gambar 4.11 grafik total error 3 ID WSN. Namun masih perlu dilakukan pengujian dan Analisa *delay* untuk mengetahui keterlambatan data. Karena hal ini mempengaruhi munculnya objek AR.



Gambar 4.11 Data error dalam persen LOS

Terlihat perbedaan masing-masing Xbee S1 saat di gunakan pada kondisi LOS. Ditunjukkan pada Gambar 4.11, dimana tingkat kesalahan dari masing-masing Xbee tidak terlalu begitu jauh dengan dibuktikan dari presentase kesalahan masing-masing. Sehingga tidak terlalu berpengaruh terhadap munculnya objek AR.

Pada pengujian NLOS terdapat beberapa masalah dalam pembacaan ID Xbee. Dimana tingkat kesalahan pembacaan Xbee berpengaruh dari jenis Xbee yang di gunakan. Dengan menggunakan Xbee S1 data yang di kirim lebih baik meskipun ada beberapa halangan. Xbee dengan ID 16 lebih unggul dalam pengiriman data NLOS, ini di buktikan dengan data yang di dapatkan saat proses Analisa. Ditunjukkan pada grafik error pada Gambar 4.12. Namun masih perlu dilakukan pengujian dan analisa *delay* untuk mengetahui keterlambatan data. Karena hal ini mempengaruhi munculnya objek AR.



Gambar 4.12 Data error dalam persen NLOS

Ditunjukkan pada Gambar 4.12, dimana Xbee dengan ID 16 lebih unggul di keadaan NLOS dengan presentase kesalahan paling kecil. Sehingga berpengaruh terhadap munculnya objek AR. Selain itu, error di sebabkan oleh data yang terlalu cepat atau terlalu lambat untuk di buffer oleh coordinator. Dalam kondisi NLOS data terkirim tidak secara langsung. Hal ini di pengaruhi oleh factor lingkungan sekitar. Seperti tembok, pohon dan batuan atau penghalang yang mampu menghalangi pantulan sinyal yang dikirim dari node ke coordinator. Selanjutnya akan di jelaskan pada pengujian *delay* untuk mengetahui munculnya objek.

Dari perbandingan LOS dan NLOS data yang terkirim baik pada kondisi LOS. Dimana pada kondisi ini pengiriman data tidak terhalang benda yang mampu meresap sinyal atau memantulkan sinyal yang dapat membuat pengiriman dari node kekoordinator terganggu. Selanjutnya akan di lakukan pengujian *delay* untuk mengetahui data yang error berpengaruh terhadap *delay* atau tidak.

#### 4.2.6 Pengujian delay

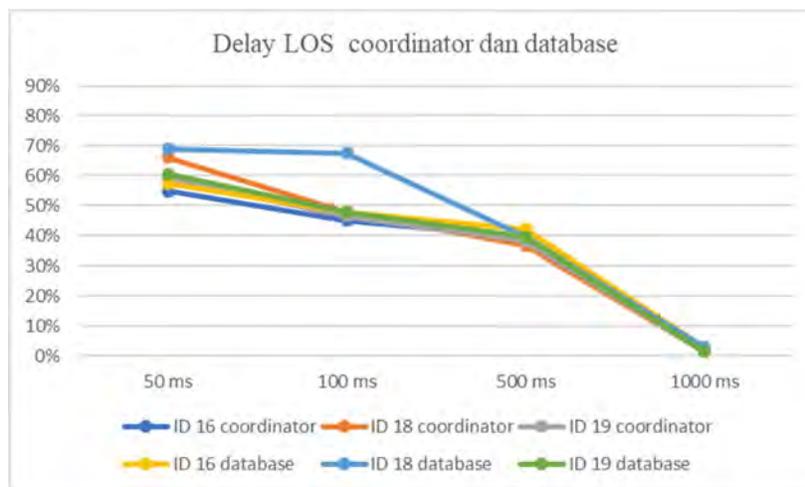
Pengujian *delay* dilakukan untuk mengamati waktu pengiriman data dari node ke *coordinator*. Pada pengujian ini dilakukan beberapa percobaan *delay* untuk mengamati pengaruh munculnya objek AR. Kali ini pengujian di lakukan mulai pengiriman paket data dengan waktu dari 50ms hingga 1000ms.

Dari data yang di dapat akan di ketahu berapa delay yang dibutuhkan hingga ID muncul. Penulis menggunakan jarak 15m untuk melakukan pengujian delay. Jarak 15m di pilih karena dari beberapakali percobaan, jarak ini ideal dalam proses pengiriman data.

Tabel 4.29 Pengaruh *delay* terhadap *error* LOS

ID	<i>Delay Error</i>				<i>Delay Error</i>			
	<i>(Node - Coordinator)</i>				<i>(Node - Database)</i>			
	50 ms	100 ms	500 ms	1000 ms	50 ms	100 ms	500 ms	1000 ms
16	54.92%	45.07%	39.43%	1,40%	57.43%	47.88%	42.25%	2.81%
18	66.19%	47.88%	36,61%	1.40%	69.01%	67.60%	39.43%	2.81%
19	59.15%	46.47%	38,02%	1.40%	60.56%	47.88%	39.43%	1.40%

Pada kondisi ini data yang di terima tehalang oleh beberapa patung dan tembok yang terdapat di museum mpu tantular. Gambar 4.13 merupakan hasil grafik perbandingan coordinator dan database pada kondisi LOS.



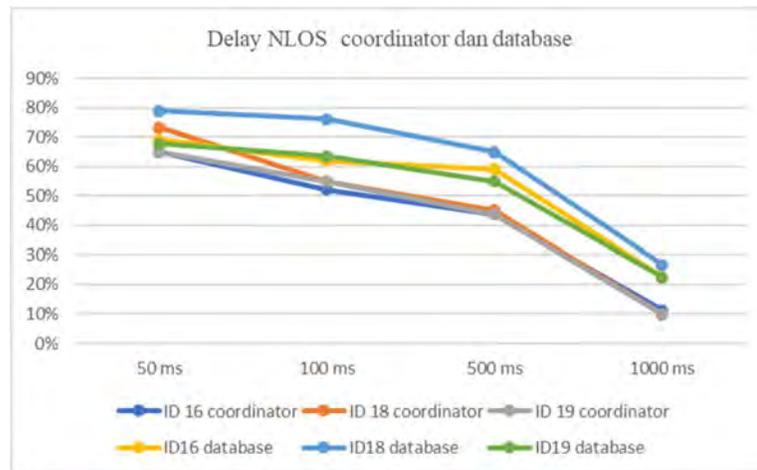
Gambar 4.13 Delay Error LOS coordinator dan database

Dari pengujian LOS sistem dengan menggunakan 3 node, delay terbaik untuk munculnya objek dalam kondisi LOS terlihat pada kondisi 1000ms. Dari pengujian yang dilakukan sebanyak 71 data yang diambil secara berulang kali. Selanjutnya dilakukan pengujian pada kondisi NLOS. Pada pengujian ini kondisi WSN node dan koordinator terhalang oleh tembok atau tiang penyangga dan patung-patung yang terdapat di museum.

Tabel 4.30 Pengaruh delay terhadap error NLOS

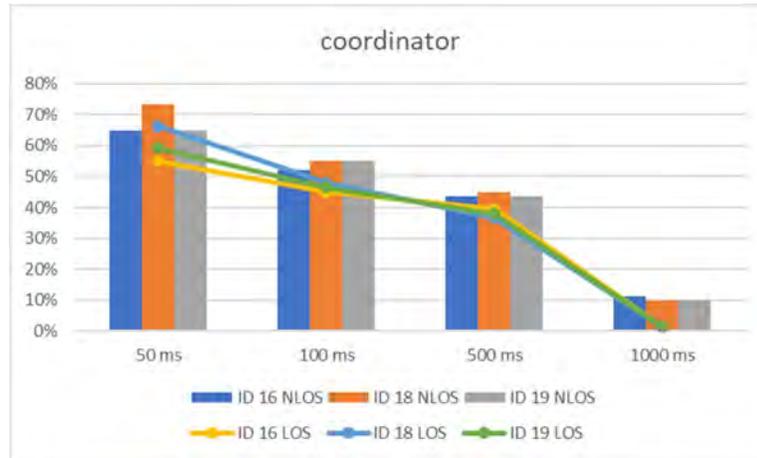
ID	Delay Error				Delay Error			
	(Node - Coordinator)				(Node - Database)			
	50 ms	100 ms	500 ms	1000 ms	50 ms	100 ms	500 ms	1000 ms
16	64.78%	52.11%	43.66%	11%	69.01%	61.90%	59.15%	23%
18	73.23%	55%	45,07%	10%	78.87%	76%	65%	27%
19	64.78%	55%	44%	10%	67,60%	63%	55%	23%

Gambar 4.14 merupakan hasil grafik perbandingan coordinator dan database pada kondisi NLOS. Dimana pada kondisi NLOS nilai error sangat besar dan sangat mengganggu saat menampilkan objek AR. Nilai error pada NLOS ini coordinator 73% dan data base 78%. Pada kondisi error ini objek tidak muncul dan mengganggu dari segi tampilan untuk user experint.



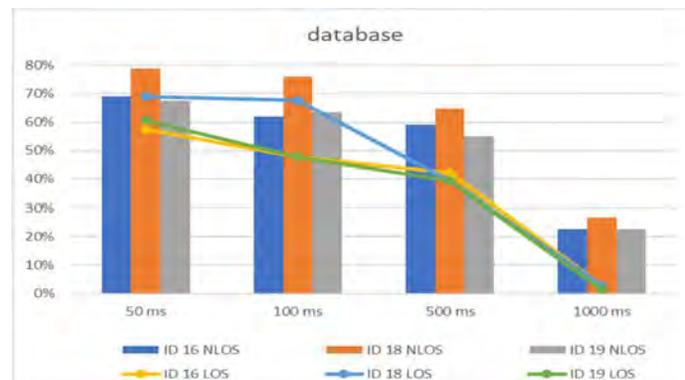
Gambar 4.14 Delay Error NLOS Coordinator dan Database

Dari pengujian NLOS sistem dengan menggunakan 3 node, *delay* terbaik untuk munculnya objek dalam kondisi NLOS terlihat pada kondisi 1000ms. Dari pengujian yang dilakukan sebanyak 71 data yang diambil secara berulang kali. Untuk melihat perbandingan dari LOS dan NLOS pada coordinator dapat di lihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Perbandingan Dari LOS dan NLOS Pada Coordinator

Perbandingan kondisi LOS dan NLOS terlihat jelas pada pengiriman data ke coordinator. Dimana pada kondisi LOS data yang terkirim jauh lebih baik, ini didasari dari data yang di peroleh selama proses pengujian sistem dilakukan. Dari Gambar 4.15 persentase LOS lebih rendah dengan maksimal kesalahan dalam waktu 50ms adalah 66.19%. Sedangkan pada waktu 1000ms didapatkan nilai error yang rendah sebesar 1.40%. Untuk mengetahui delay pada database dilakukan pengujian dan hasil dari pengujian tersebut dapat di lihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Perbandingan Dari LOS dan NLOS Pada Database

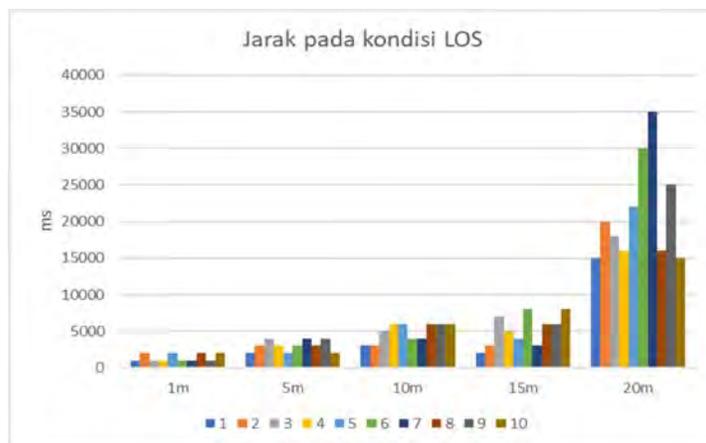
Perbandingan kondisi LOS dan NLOS terlihat jelas pada pengiriman data ke database. Dimana pada kondisi LOS data yang terkirim jauh lebih baik, ini didasari dari data yang di peroleh selama proses pengujian sistem dilakukan. Dari Gambar 4.16 persentase LOS lebih rendah dengan maksimal kesalahan dalam waktu 50ms adalah 69%. Sedangkan pada waktu 1000ms didapatkan nilai error yang rendah sebesar 2.81%. Dari hasil ini dapat di tetapkan bahwa pengiriman data yang baik pada kondisi LOS dan pada kondisi ini objek AR dapat muncul dengan baik.

Selanjutnya perlu di lakukan pengujian delay terhadap jarak untuk memperkirakan jarak maksimal yang di tempuh oleh WSN. Data untuk menentukan delay jarak pada ID 16 dapat di lihat pada Tabel 4.31 kondisi LOS. Data di peroleh dari database yang telah di set untuk membaca waktu pengiriman dari node ke coordinator.

Tabel 4.31 Jarak Pada Kondisi LOS ID 16

NO	1m	5m	10m	15m	20m
1	1000	2000	3000	2000	15000
2	2000	3000	3000	3000	20000
3	1000	4000	5000	7000	18000
4	1000	3000	6000	5000	16000
5	2000	2000	6000	4000	22000
6	1000	3000	4000	8000	30000
7	1000	4000	4000	3000	35000
8	2000	3000	6000	6000	16000
9	1000	4000	6000	6000	25000
10	2000	2000	6000	8000	15000

Data pada Tabel 4.31 merupakan waktu dalam satuan ms (millisecond ). Data ini di dapatkan dari coordinator menggunakan XCTU. Data 1000ms merupakan 1 sec, atau 1 detik data sampai dari node ke coordinator. Semakin jauh jarak node dan coordinator, maka waktu pengiriman data juga terlalu lama. Terlalu lamanya delay dapat mempengaruhi munculnya objek AR. Sehingga di perkirakan jarak yang sesuai dengan pengujian maksimal 20m. Dapat di lihat pada Gambar 4.17 data jarak LOS ID 16.



Gambar 4.17 Delay Jarak Kondisi LOS ID 16

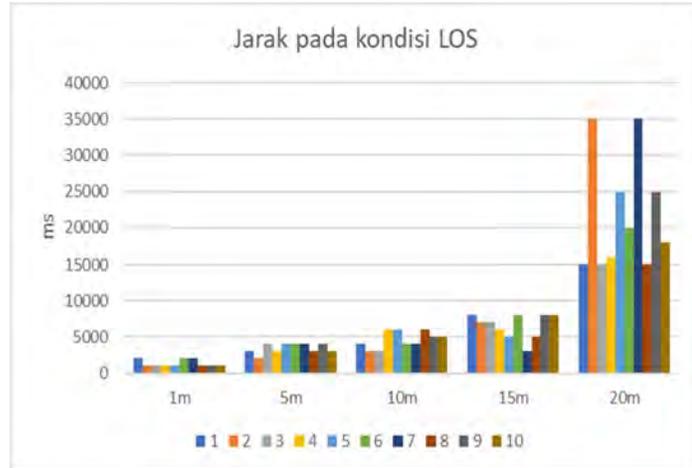
Selanjutnya perlu di lakukan pengujian delay terhadap jarak dengan ID 18 untuk memperkirakan jarak maksimal yang di tempuh oleh WSN. Data untuk menentukan jarak pada setiap ID dapat di lihat pada Tabel 4.32 kondisi LOS. Dari data ini nanti dapat dilihat bagaimana perbandingan pengiriman data setiap ID pada WSN.

Tabel 4.32 Jarak pada kondisi LOS ID 18

NO	1m	5m	10m	15m	20m
1	2000	3000	4000	8000	15000
2	1000	2000	3000	7000	35000
3	1000	4000	3000	7000	15000
4	1000	3000	6000	6000	16000
5	1000	4000	6000	5000	25000
6	2000	4000	4000	8000	20000
7	2000	4000	4000	3000	35000
8	1000	3000	6000	5000	15000
9	1000	4000	5000	8000	25000
10	1000	3000	5000	8000	18000

Data pada Tabel 4.32 merupakan waktu dalam satuan ms (millisecond ). Data ini di dapatkan dari coordinator menggunakan XCTU. Data 1000ms merupakan 1 sec, atau 1 detik data sampai dari node ke coordinator. Semakin jauh jarak node dan

coordinator, maka waktu pengiriman data juga terlalu lama. Terlalu lamanya delay dapat mempengaruhi munculnya objek AR. Sehingga di perkirakan jarak yang sesuai dengan pengujian maksimal 20m. Dapat di lihat pada Gambar 4.18 data jarak LOS ID 18.



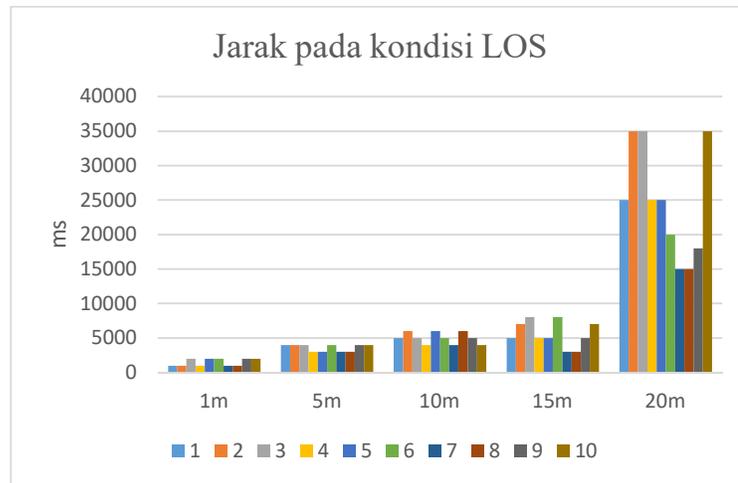
Gambar 4.18 Delay Jarak Kondisi LOS ID 18

Selanjutnya perlu di lakukan pengujian delay terhadap jarak dengan ID 19 untuk memperkirakan jarak maksimal yang di tempuh oleh WSN. Data untuk menentukan jarak pada setiap ID dapat di lihat pada Tabel 4.33 kondisi LOS. Dari data ini nanti dapat dilihat bagaimana perbandingan pengiriman data setiap ID pada WSN.

Tabel 4.33 Jarak pada kondisi LOS ID 19

NO	1m	5m	10m	15m	20m
1	1000	4000	5000	5000	25000
2	1000	4000	6000	7000	35000
3	2000	4000	5000	8000	35000
4	1000	3000	4000	5000	25000
5	2000	3000	6000	5000	25000
6	2000	4000	5000	8000	20000
7	1000	3000	4000	3000	15000
8	1000	3000	6000	3000	15000
9	2000	4000	5000	5000	18000
10	2000	4000	4000	7000	35000

Data pada Tabel 4.33 merupakan waktu dalam satuan ms (millisecond ). Data ini di dapatkan dari coordinator menggunakan XCTU. Data 1000ms merupakan 1 sec, atau 1 detik data sampai dari node ke coordinator. Semakin jauh jarak node dan coordinator, maka waktu pengiriman data juga terlalu lama. Terlalu lamanya delay dapat mempengaruhi munculnya objek AR. Sehingga di perkirakan jarak yang sesuai dengan pengujian maksimal 20m. Dapat di lihat pada Gambar 4.19 data jarak LOS ID 19.



Gambar 4.19 Delay Jarak Kondisi LOS ID 19

Jarak sangat berpengaruh dalam pembacaan WSN terbukti dari beberapa data yang di sajikan dengan table dan grafik. Dimana semakin jauh makan pengiriman data akan semakin lambat dan kurang efektif bila di gunakan untuk disajikan pada user. Selanjutnya akan di dilakukan pengujian delay terhadap jarak dengan kondisi NLOS .

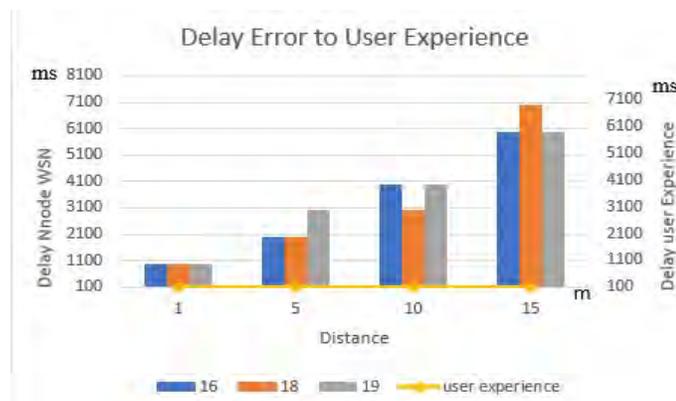
Data merupakan waktu dalam satuan ms (millisecond ). Data ini di dapatkan dari coordinator menggunakan XCTU. Data 1000ms merupakan 1 sec atau 1 detik data sampai dari node ke coordinator. Semakin jauh jarak node dan coordinator, maka waktu pengiriman data juga terlalu lama. Terlalu lamanya delay dapat mempengaruhi munculnya objek AR. Sehingga di perkirakan jarak yang sesuai dengan pengujian maksimal 20 m. Dari data ini akan di ketahi bagaimana performa WSN pada kondisi LOS. Di museum sendiri kondisi NLOS sangat sering terjadi. Karena banyaknya benda-benda bersejarah yang saling berdekatan dan data yang di dapat dapat di lihat pada table yang telah di sajikan.

Kondisi LOS lebih baik dan mengurangi resiko interfrensi. Pengujian *delay* terhadap jarak dengan masing-masing node WSN dapat di lihat pada Tabel 4.31 sampai Tabel 4.33. Dapat di simpulkan bahwa pada kondisi LOS dengan jarak yang semakin jauh maka persentase errornya semakin sedikit. Ini di akibatkan karena saat proses buffer pada coordinator, buffer kurang baik. Agar lebih jelas akan di tampilkan beberapa pembuktian data dan bagaimana pengaruh jarak terhadap persentase error pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Grafik jarak terhadap error LOS

Semakin lama delay yang di butuhkan, makan user akan bosan dan merasa jenuh. Delay yang di butuhkan seorang user untuk melakukan interaksi adalah  $<0.1$  s. Sedangkan data dari penelitian ini menunjukkan 1000ms, keberhasilan untuk user dikatakan belum berhasil dan membosankan. Ditunjukkan pada Gambar 4.21 delay error user experience.



Gambar 4.21 Error user experience

Dapat di simpulkan dari *delay* yang lama dapat membuat objek hanya berkedip dengan cepat dan terkadang objek tidak dapat muncul karena data terlalu cepat atau terlalu lambat. Dari hasil pengamatan dan pengujian sistem, penyebab utamanya adalah pengaruh coordinator saat memilah huruf hexa sesuai ID yang di butuhkan membutuhkan proses yang jauh lebih lambat dari transmisi data yang dikirim. Saat Xbee node mengirim paket dan coordinator menerimanya terjadi beberapa penumpukan data. Sehingga data tidak terbaca dengan sempurna dan mengakibatkan terjadi error. Pengaruh dari data yang dikirim tidak sempurna adalah tampilan objek AR yang tidak muncul hingga objek malah berkedip dan membuat mata tidak nyaman melihatnya.

#### 4.2.7 Pengujian Loss

Pada pengujian kali ini akan dilakukan Analisa data loss pada saat pengiriman paket data. Pakcet Loss adalah banyaknya jumlah paket yang hilang selama proses pengiriman paket dari node asal ke node tujuan dan di ukur dalam packet loss ratio pengukuran packet loss ini digunakan sebagai bahan analisa jaringan pada komunikasi data secara realtime. Bagaimana dalam proses pengiriman data masih terdapat paket Loss dengan kondisi LOS bukti pada Table 4.18.

Tabel 4.34 LOSS coordinator dan database LOS

ID	<i>LOSS (Node - Coordinator)</i>				<i>LOSS (Node - Data Base)</i>			
	50 ms	100 ms	500 ms	1000 ms	50 ms	100 ms	500 ms	1000 ms
16	4,22%	2,81%	1,40%	0%	4,22%	2,81%	1,40%	0%
18	2,81%	2,81%	1,40%	0%	2,81%	2,81%	1,40%	0%
19	4,22%	2,81%	1,40%	0%	4,22%	2,81%	1,40%	0%

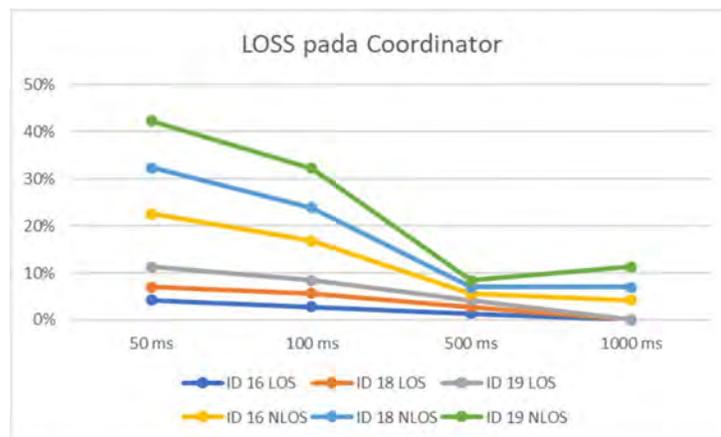
Dari data yang didapat pada Table 4.34, loss terjadi sangat banyak pada 50ms dimana tingkat loss pada ID 16 4.2%, ID 18 2.81% dan ID 19 4.22%. Semakin besar delay, data loss semakin kecil dan mengurangi tingkat pengiriman data yang gagal. Penyebabnya adalah penumpukan data di coordinator dan data base. Serta terlalu cepatnya data yang di dikirim oleh xbee ke coordinator. Saat proses pemilahan ID terjadi penumpukan data yang mengakibatkan terjadi loss.

Dari data pada Table 4.16, penulis merekomendasikan menggunakan delay yang lebih lama. Agar proses pengiriman data baik dan dapat memberi hasil secara maksimal. Pengaruh loss akan terlihat saat proses pengiriman data berlangsung. Dimana objek AR tidak muncul.

Tabel 4.35 LOSS coordinator dan database NLOS

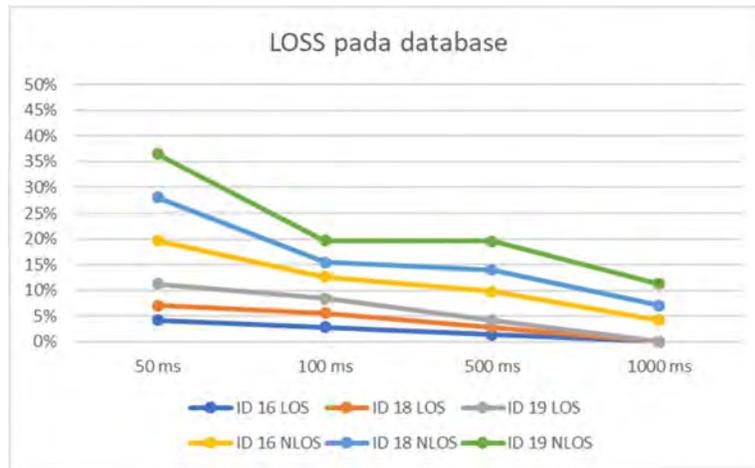
ID	LOSS (Node - Coordinator)				LOSS (Node - Data Base)			
	50 ms	100 ms	500 ms	1000 ms	50 ms	100 ms	500 ms	1000 ms
16	11%	8.40%	1,40%	4.22%	8.40%	4.22%	5.60%	4.22%
18	10%	7.00%	1,40%	2.81%	8.40%	2.81%	4.20%	2.81%
19	10%	8.40%	1,40%	4.22%	8.40%	4.22%	5.60%	4.22%

Dari data pada Table 4.35 penulis merekomendasikan menggunakan delay yang lebih lama. Agar proses pengiriman data baik dan dapat memberi hasil secara maksimal. Pengaruh loss akan terlihat saat proses pengiriman data berlangsung. Dimana objek AR tidak muncul. Namun dibandingkan dengan kondisi LOS, kondisi NLOS masih terlalu buruk dan data loss masih terlalu besar. Pada kondisi LOS error paling besar 4.22% sedangkan pada kondisi NLOS loss 10%. Adapun grafik dari pengujian dapat di lihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 LOSS pada Coordinator

Dari Gambar 4.22 loss coordinator pada kondisi LOS cenderung lebih baik dibandingkan pada kondisi NLOS. Selain itu dilakukan pengujian ke database untuk melihat performa dari WSN sendiri. Adapun hasil dari percobaan tersebut adalah Gambar 4.23.



Gambar 4.23 LOSS pada Database

Dari data pada Table 4.35 dan grafik pada Gambar 4.22 dan 4.23 penulis merekomendasikan menggunakan jarak yang agak jauh sesuai dengan hasil percobaan dan delay yang agak lama. Agar proses pengiriman data baik dan dapat memberi hasil secara maksimal. Pengaruh loss akan terlihat saat proses pengiriman data berlangsung. Dimana objek dari AR sendiri tidak muncul atau hanya berkedip. Selain itu factor yang sangat penting adalah saat sistem ini di ujikan untuk mendapatkan respon dari user. Ketika delay lebih lama dengan jarak yang jauh, maka user akan bosan menunggu objek muncul.

Hasil dari Perbandingan dengan kondisi LOS pada database dan coordinator ini, kondisi NLOS pada coordinator masih terlalu buruk dan data loss masih terlalu besar ditunjukkan dengan tingkat loss yang besar yaitu 11%. Sedangkan pada loss pada pengiriman data ke database masih 8.40%. Seharusnya untuk sebuah sistem yang baik tingkat loss tidak ada. Data harus terkirim dengan baik dan dapat di terima oleh coordinator maupun database dengan baik. Kondisi loss ini sangat berpengaruh dalam

pembacaan AR, karena dengan loss yang sangat besar ini maka data yang di peroleh data base akan teracak dan mengakibatkan penumpukan data pada data base dan kordinator.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

Pada bab ini akan diuraikan beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari pembahasan sebelumnya dan saran mengenai masalah yang bisa dibahas sebagai kelanjutan dari penelitian ini.

#### **5.1 Kesimpulan**

Penggunaan Wireless sensor network pada Augmented Reality sebagai ID dan posisi menggunakan metode triangulasi dan RSSI berjalan dengan baik dan dapat digunakan sebagai pengganti AR marker dan AR markeles menggunakan posisi GPS. Namun, ada beberapa kelebihan dan kekurangan dengan metode ini. Kelebihan dari system ini tidak memerlukan lagi gambar dalam menyuguhkan AR dan dapat digunakan untuk mengetahui posisi user. Selain itu dapat mengetahui perkiraan jarak antara patung atau benda dan objek AR. Dengan RSSI kita dapat menentukan objek AR pada koordinat RSSI yang di inginkan. Kelemahan dari system ini adalah lokasi yang di tentukan sebagai munculnya AR terkadang berubah tidak sesuai dengan setingan awal namun tetap pada koordinat yang ditentukan atau sesuai ID. Ini di sebabkan karena sinyal dari WSN mengalami intefrensi atau gangguan seperti pantulan tembok, antenna internal WSN dan pengiriman sinyal dari node yang kurang cepat di akibatkan dari power yang digunakan. Ada beberapa factor lain yang perlu di kembangkan dalam proses transmisi data.

Selain itu jarak maksimal yang dapat diterapkan pada Augmented Reality Realtime Monitoring system adalah sejauh 15 meter dengan kondisi LOS (Line of Sight). Karena pada jarak ini maxsimal data dapat di kirim dengan baik. Selain itu dapat mengurangi tingkat loss dengan setandart delay 1000ms. Agar data yang dikirim tidak hilang dan tertumpuk oleh data baru. Secara sistem penelian ini berhasil, namun secara user experience sistem ini dikatakan belum berhasil. Perlu di lakukan pengujian ulang agar delay <0.1 dan sistem tidak membosankan. Sedangkan untuk lokasi objek dapat digunakan hasil dari beberapa percobaan pada table 4.5 sampai 4.7.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diberikan beberapa saran untuk pengembangan Augmented Reality sebagai ID AR dan microlokasi. Berikut ini saran yang dapat diberikan :

1. Posisi yang tepat dan pasti objek AR muncul dengan metode triangulasi dan RSSI atau metode lain.
2. Perlu dilakukan penelitian untuk menciptakan sebuah filter agar dapat mengurangi error yang terjadi pada system ini.
3. Perlu di lakukan penelitian ulang untuk mendapatkan hasil delay  $<0.1$ , agar tidak membuat user menjadi bosan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azuma, R. *et al.* (2001) 'Recent Advances in Augmented Reality', *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2011(December), pp. 1–27. doi: 10.4061/2011/908468.
- Chianese, A. and Piccialli, F. (2014) 'Designing a smart museum: When cultural heritage joins IoT', *Proceedings - 2014 8th International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, NGMAST 2014*, pp. 300–306. doi: 10.1109/NGMAST.2014.21.
- Ching-seng wang, wei-tsung su and yu-cheng guo (2016) 'An augmented reality mobile navigation system supporting iBeacon assisted location-aware service'.
- Departemen kebudayaan dan pariwisata (2008) *Departemen Kebudayaan dan Pariwisata Republik Indonesia*.
- Goldsmith, D. *et al.* (2008) 'Augmented Reality Environmental Monitoring Using Wireless Sensor Networks', *International Conference Information Visualisation*, pp. 539–544. doi: 10.1109/IV.2008.72.
- grasset (2012) 'Image-Driven View Management for Augmented Reality Browsers', pp. 177–186.
- Herminia Din, P. H. (2007) *The Digital Museum: A Think Guide*. Edited by P. H. Herminia Din. Washington: American Association of Museums.
- Kim, J. and Jun, H. (2011) 'Implementation of image processing and augmented reality programs for smart mobile device', *Proceedings of the 6th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2011*, 2, pp. 1070–1073. doi: 10.1109/IFOST.2011.6021205.
- Li, D. *et al.* (2013) 'TouchableAR: A new experience of augmented reality', *Proceedings - 2013 International Conference on Virtual Reality and Visualization, ICVRV 2013*, pp. 37–42. doi: 10.1109/ICVRV.2013.14.
- Lin, X. Y. *et al.* (2015) 'A mobile indoor positioning system based on iBeacon technology', *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE*

*Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 2015–November, pp. 4970–4973. doi: 10.1109/EMBC.2015.7319507.

Man, L. A. N., Committee, S. and Computer, I. (2006) *IEEE Standard for Telecommunications and information Local and metropolitan area networks — Specific requirements Part 15 . 4 : Wireless Medium Access Control ( MAC ) and Physical Layer ( PHY ) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks* (. . .)

MaxStream (2007) ‘XBee - Series 2 OEM RF Modules’, *XBee S2*, (801), pp. 1–60. Available at: <http://www.farnell.com/datasheets/27606.pdf>.

Navab, N. *et al.* (2012) ‘First deployments of augmented reality in operating rooms’, *Computer*, 45(7), pp. 48–55. doi: 10.1109/MC.2012.75.

Patel, M. and Shah, A. (2012) ‘Energy Efficient Target Tracking in Wireless’, *International Journal of Distributed and Parallel Systems (IJDPS)*, 3(2), pp. 542–549. doi: 10.1145/990064.990096.

Products, D. (2017) ‘Modules for Oems’, in, pp. 1–3. Available at: [http://www.digi.com/pdf/ds\\_xbeemultipointmodules.pdf](http://www.digi.com/pdf/ds_xbeemultipointmodules.pdf).

Revision, D. and Standard, I. (2006) ‘Part 15 . 4b : Wireless Medium Access Control ( MAC ) and Physical Layer ( PHY ) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks ( WPANs )’, 2007(January), pp. 1–320.

Rose, K., Eldridge, S. and Lyman, C. (2015) ‘The internet of things: an overview’, *Internet Society*, (October), p. 53. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Sumpeno, S. *et al.* (2015) ‘Ragam Teknologi Informasi untuk Revitalisasi Museum’, *Seminar Nasional Otomasi Industri dan Teknologi Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, (December). Available at: [https://www.researchgate.net/profile/Surya\\_Sumpeno/publication/286454147\\_Ragam\\_Teknologi\\_Informasi\\_untuk\\_Revitalisasi\\_Museum/links/566aafd08ae62b05f0356d7.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Surya_Sumpeno/publication/286454147_Ragam_Teknologi_Informasi_untuk_Revitalisasi_Museum/links/566aafd08ae62b05f0356d7.pdf).

Sutherland, I. E. (1968) ‘A head-mounted three dimensional display’, *Proceedings of the AFIPS '68 (Fall, part I)*, pp. 757–764. doi: 10.1145/1476589.1476686.

Wang, Y. *et al.* (2013) ‘Bluetooth positioning using RSSI and triangulation methods’, *2013 IEEE 10th Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2013*, pp. 837–842. doi: 10.1109/CCNC.2013.6488558.

T. Rappaport, *Wireless Communication Principles and Practice*, 2001, 2nd edition, Prentice Hall.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



### I. DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Adi Kurniawan Saputro  
Tempat,tanggallahir : Surabaya,31 Desember 1991  
AlamatTinggal : Jl. MargorejoGg. 1D No. 89 Surabaya  
Kebangsaan / Suku : Indonesia/ Jawa  
Agama : Islam  
Email : adikurniawansaputro@gmail.com

### II. RIWAYAT PENDIDIKAN

Jenjang	Nama Sekolah	Jurusan	Tahun Lulus
SD	SDN Ketabang 3 Surabaya	-	1998 - 2004
SMP	SMPN 1 Banyuwangi	-	2004 - 2007
SMA	SMKN 3 Surabaya	TeknikElektro	2007 - 2010
S1	Universitas Negeri Surabaya	S1 PendidikanTeknik Elektro – ElektroKomunikasi	2010 - 2014

*Halaman ini sengaja dikosongkan*