



TESIS - TE142599

***REALTIME AUGMENTED REALITY MONITORING
SYSTEM PADA MEDIA TANAM HIDROPONIK
BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK
SMART AGRICULTURE***

ARDA SURYA EDITYA
2214206201

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Surya Sumpeno, M.Sc.
Dr. Istas Pratomo, MT.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM PENGATURAN
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2017



TESIS - TE142599

***REALTIME AUGMENTED REALITY MONITORING SYSTEM PADA
MEDIA TANAM HIDROPONIK BERBASIS WIRELESS SENSOR
NETWORK UNTUK SMART AGRICULTURE***

ARDA SURYA EDITYA

2214206201

DOSEN PEMBIMBING

DR. SURYA SUMPENO, M.Sc.

DR. ISTAS PRATOMO, MT.

PROGRAM MAGISTER

BIDANG KEAHLIAN TELEMATIKA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2017

LEMBAR PENGESAHAN

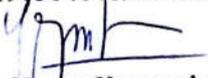
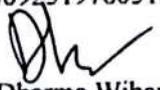
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

Arda Surya Editya
NRP. 2214206201

Tanggal Ujian : 06 Januari 2017
Periode Wisuda : Maret 2017

Disetujui oleh:

- 
1. Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc. (Pembimbing I)
NIP. 196906131997021003
- 
2. Dr. Istas Pratomo, ST., MT. (Pembimbing II)
NIP. 197903252003121001
- 
3. Dr. Ir. Endroyono, DEA (Penguji)
NIP. 196504041991021001
- 
4. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc. (Penguji)
NIP. 195409251978031001
- 
5. Dr. Adhi Dharma Wibawa, ST., MT. (Penguji)
NIP. 197605052008121003

an. Direktur Program Pascasarjana
Asisten Direktur



Prof. Dr. Ir. Djauhar Manfaat, M.Eng.
NIP. 196012021987011001

Direktur Program Pascasarjana

Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D
NIP. 196012021987011001

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul **“REALTIME *AUGMENTED REALITY* MONITORING SYSTEM PADA MEDIA TANAM HIDROPONIK BERBASIS *WIRELESS SENSOR NETWORK* UNTUK SMART AGRICULTURE”** 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, Januari 2017

Arda Surya Editya

NRP. 2214206201

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

REALTIME *AUGMENTED REALITY* MONITORING SYSTEM PADA MEDIA TANAM HIDROPONIK BERBASIS *WIRELESS SENSOR NETWORK* UNTUK SMART AGRICULTURE

Nama : Arda Surya Editya
NRP : 214206201
Pembimbing I : Dr. Surya Sumpeno, M.Sc.
Pembimbing II : Dr. Istas Pratomo, MT.

ABSTRAK

Internet of thing adalah sebuah teknologi yang berkembang saat ini dengan memanfaatkan teknologi internet untuk menghubungkan sebuah perangkat yang biasanya diterapkan untuk keperluan sistem monitoring. Seiring berkembangnya teknologi ini menimbulkan perkembangan juga pada sisi teknologi penunjangnya salah satunya adalah teknologi media transmisi. Salah satu teknologi yang berkembang saat ini pada media transmisi adalah *wireless sensor network*. Selain media transmisi dalam perkembangan teknologi sistem monitoring saat ini juga berkembang teknologi *Augmented reality* dimana teknologi ini mampu membawa sebuah objek virtual seolah-olah bergabung dengan objek nyata. Pada penelitian kali ini peneliti menerapkan sistem monitoring dengan media pengiriman *wireless sensor network* menggunakan metode fusion center dengan menggunakan teknologi *augmented reality* yang diterapkan pada bidang pertanian khususnya pada media penanaman hidroponik. Pada penelitian ini digunakan 2 jenis protokol yakni IEEE 802.14.5 dan Zigbee.

Dari penelitian ini dihasilkan bahwa sistem realtime *augmented reality* monitoring system menggunakan protokol zigbee lebih stabil dibandingkan dengan protokol IEEE 802.14.5 hal ini dibuktikan dengan PER (*Packet Error Rate*) yang muncul sebesar 1.13% pada protokol zigbee dan 24.35% pada protokol IEEE 802.14.5. Sedangkan berdasarkan hasil pengujian faktor yang mempengaruhi PER (*Packet Error Rate*) adalah periode sampling, jumlah sensor dan jarak. Pada penampakan objek *Augmented reality* tidak terdapat perbedaan signifikan antara hasil dari monitoring sistem dengan hasil monitoring menggunakan alat ukur konvensional.

Kata kunci : *Augmented reality, Wireless sensor network, IEEE 802.14.5, Zigbee.*

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

REALTIME *AUGMENTED REALITY* MONITORING SYSTEM ON HYDROPONIC PLANTING MEDIA BASED *WIRELESS* *SENSOR NETWORK* FOR SMART AGRICULTURE

Nama : Arda Surya Editya
NRP : 214206201
Pembimbing I : Dr. Surya Sumpeno, M.Sc.
Pembimbing II : Dr. Istas Pratomo, MT.

ABSTRACT

Internet of things is a technology that is currently using Internet technology to connect a device that is usually applied for the purposes of monitoring systems. As the development of this technology leading to the development also in terms of technology supporting one of which is the transmission media technologies. One technology which is currently developing the transmission media one of them is *wireless sensor network*. In addition to the transmission media in the development of technology monitoring system is currently also developing *Augmented reality* technology which is capable of carrying a virtual object as if joined with the real object. In the present study the researchers apply a monitoring system with *wireless sensor network* delivery media using the fusion center using *augmented reality* technology applied to agriculture, especially the cultivation of hydroponic media. In this study used two types of protocol that is IEEE 802.14.5 and Zigbee.

From this research result that the *augmented reality* system realtime monitoring system using zigbee protocol is more stable than the IEEE 802.14.5 protocol this is evidenced by the PER (*Packet Error Rate*) which appears at 1:13 on the protocol zigbee% and 24.35% on the IEEE 802.14.5 protocol, While based on the testing of the factors that affect the PER (*Packet Error Rate*) is the sampling period, the number of sensors and distance. On sighting the object *Augmented reality* there is no significant difference between the results of the monitoring system by monitoring results using a conventional measuring instrument.

Keyword : *Augmented reality*, *Wireless sensor network*, IEEE 802.14.5, Zigbee.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

KATA PENGANTAR

Dengan Nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

Segala puja dan puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan kepada penulis sehingga penulisan tesis dengan judul :

“REALTIME *AUGMENTED REALITY* MONITORING SYSTEM PADA MEDIA TANAM HIDROPONIK BERBASIS *WIRELESS SENSOR NETWORK* UNTUK SMART AGRICULTURE”

Dapat diselesaikan dengan baik. Buku tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar magister pada program studi teknik elektro dengan bidang keahlian Telematika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Kedua orangtuaku, ayahanda Tariman dan ibunda Anisah tercinta yang telah mendidik dan merawat penulis sampai bisa berada pada posisi ini.
2. Bapak Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc. dan Dr. Ista Pratomo, ST., MT. atas bimbingan serta kesabarannya terhadap penulis sehingga bisa menyelesaikan tesis ini tepat pada waktunya.
3. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc., Dr. Endroyono. DEA, Mochamad Hariadi, ST., M.sc., Ph.D., dan Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc., sebagai penguji sidang tesis yang dengan teliti dan memberikan masukan sehingga penelitian ini lebih baik.
4. Bapak Dr. Adi Dharma Wibawa, ST., MT. selaku dosen wali yang telah membimbing dan mengarahkan dengan baik selama perkuliahan.
5. Bapak dan Ibu dosen Telematika yang telah memberi banyak pengetahuan baru bagi penulis selama masa perkuliahan.

6. Rekan-rekan S2 dan S1 di lab B301 dan HCCV atas kebaikan serta kerjasamanya selama penulis menempuh studi pascasarja di jurusan teknik elektro.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu demi perbaikan dan penyempurnaan tesis ini maka saran dan kritik membangun sangat diharapkan. Besar harapan penulis bahwa buku tesis ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan mahasiswa jurusan teknik elektro pada khususnya.

Surabaya, 14 Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN THESIS	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Penelitian	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
1.6. Metodologi	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	5
2.1. Kajian Pustaka	5
2.2. Landasan Teori	6
2.2.1. Sistem Monitoring	6
2.2.2. <i>Augmented reality</i>	7
2.2.2. <i>Wireless sensor network (WSN)</i>	13
2.2.3. Sensor	21
2.2.3. Komunikasi data pada Internet of Thing	26
BAB 3 METODE PENELITIAN	30
3.1. Tahapan Penelitian	30
3.2. Gambaran Umum Sistem	31
3.3. Pembuatan Sistem	32
3.4. Skenario dan Pengujian Sistem	39

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1. Implementasi dan Pengujian Sistem	41
4.2. Pengujian Periode sampling Terhadap PER	51
4.3. Pengujian Jumlah Sensor Terhadap PER.....	57
4.4. Pengujian Jarak Terhadap PER.....	59
4.5. Pengujian di Lapangan.....	61
BAB 5 KESIMPULAN.....	67
5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Prinsip kerja <i>Augmented reality</i>	7
Gambar 2.2. Touch Interaction pada <i>Augmented reality</i>	9
Gambar 2.3. Gesture dan Pose Interaction pada <i>Augmented reality</i>	10
Gambar 2.4. Interaksi pada <i>Augmented reality</i>	11
Gambar 2.5 Xbee S1	16
Gambar 2.6 Spesifikasi xbee S1.....	16
Gambar 2.7 Xbee S2	16
Gambar 2.8 Spesifikasi Xbee S2.....	16
Gambar 2.9. Topologi Single Hop Star.....	13
Gambar 2.10. Topologi Multi Hop Star secara random.....	13
Gambar 2.11. Topologi Multi Hop Star Terstruktur	14
Gambar 2.12. Topologi Two Tier Hierarchical Structure.....	14
Gambar 2.13. Input dan Output Sistem Pengukuran.....	22
Gambar 2.14. Proses Pengukuran	23
Gambar 2.15. Sensor PH.....	24
Gambar 2.16. Soil Moisture	25
Gambar 2.17. LDR.....	26
Gambar 2.12. Sensor Suhu.....	27
Gambar 3.1. Gambar Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2. Gambaran Rancangan Sistem Monitoring	29
Gambar 3.3. Instalasi XAMPP.....	30
Gambar 3.4. Software XAMPP.....	31
Gambar 3.5. Antarmuka phpmyadmin.....	31
Gambar 3.6. Proses Instalasi Unity.....	32
Gambar 3.7. Antarmuka Software Unity	33
Gambar 3.8. Antarmuka XCTU	34
Gambar 3.9. Skema Transmitter menggunakan Xbee S1	34
Gambar 3.10. Skema Transmitter Menggunakan Xbee S2.....	35

Gambar 3.11. Skema Receiver Sistem.....	35
Gambar 3.12 Skema Pengujian Skenario 1.....	36
Gambar 3.13. Skema Pengujian Skenario 2.....	36
Gambar 3.14. Skema Pengujian Skenario 3.....	37
Gambar 4.1. <i>Node</i> AR Realtime Monitoring System	39
Gambar 4.2. <i>Coordinator</i> AR Realtime Monitoring System	40
Gambar 4.3. Aplikasi AR Realtime Monitoring System	40
Gambar 4.4. Aplikasi AR Monitoring System.....	44
Gambar 4.5. Tabel Vref yang digunakan Produk Xbee	48
Gambar 4.6. Grafik Pengukuran <i>Packet Error Rate</i> Terhadap Jarak	53
Gambar 4.7. Denah Lokasi Pengukuran NLOS.....	55
Gambar 4.8. Lokasi Pengujian di Kebun Syaur Hidroponik	55

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tabel Struktur Protokol IEEE 802.14.5	15
Tabel 2.2. Tabel Struktur Protokol Zigbee.....	17
Tabel 2.3. Tabel Spesifikasi PH Sensor	23
Tabel 2.4. Tabel Spesifikasi Soil Moisture	24
Tabel 2.5. Tabel Spesifikasi LDR.....	25
Tabel 2.6. Tabel Spesifikasi LM35	26
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	26
Tabel 4.1. Tabel Pengujian Sistem Dengan Protokol IEEE 802.14.5.....	45
Tabel 4.2. Tabel Pengujian Sistem Dengan Protokol Zigbee	46
Tabel 4.3. Tabel Pengujian Decode Protokol IEEE 802.14.5.....	47
Tabel 4.4. Tabel Pengujian Decode Protokol Zigbee	48
Tabel 4.5. Tabel Pengukuran Sensor PH	49
Tabel 4.6. Tabel Pengukuran Sensor Soil Moisture.....	50
Tabel 4.7. Tabel Pengukuran Sensor LDR.....	50
Tabel 4.8. Tabel Pengukuran Sensor LM35.....	51
Tabel 4.9.Konfigurasi Percobaan.....	51
Tabel 4.10.Tabel Pengukuran Packet Error Rate Protokol IEEE 802.14.5.....	53
Tabel 4.11.Tabel selisih data pembacaan ADC IEEE 802.14.5.....	52
Tabel 4.12.Konfigurasi Percobaan.....	54
Tabel 4.13.Pembacaan ADC ZIgbee.....	54
Tabel 4.14.Tabel Pengukuran Packet Error Rate Protokol Zigbee	56
Tabel 4.15.Tabel Pengukuran Packet Error Rate Protokol IEEE 802.14.5.....	57
Tabel 4.16.Tabel Pengukuran Packet Error Rate Protokol Zigbee	58
Tabel 4.17.Tabel Pengukuran Packet Error Terhadap Jarak NLOS	60
Tabel 4.18.Hasil Pengukuran Acak Protokol IEEE 802.14.5	66
Tabel 4.19.Hasil Pengukuran Acak Protokol Zigbee.....	66

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi *internet of thing* pada saat ini telah banyak dikembangkan dalam berbagai bidang seperti pertanian, keamanan, dan juga otomotif, namun seiring berkembangnya teknologi *internet of thing* juga mempengaruhi teknologi-teknologi penunjang teknologi tersebut, tidak dipungkiri lagi teknologi *internet of thing* tidak bisa lepas dari media pengiriman data.

Media pengiriman data berkembang dari tahun ke tahun. Perkembangan media pengiriman data ditingkatkan di berbagai fungsi salah satunya fungsi kecepatan pengiriman data dan juga daya yang digunakan oleh media pengiriman data tersebut. *wireless sensor network* adalah salah satu teknologi pengiriman data yang paling terbaru, dengan *wireless sensor network* data dari sensor dapat dikirimkan dengan daya yang sangat rendah. Selain media pengiriman data yang terpenting dalam teknologi *internet of thing* adalah sistem monitoring sensor yang terpasang di perangkat *internet of thing*.

Sistem monitoring *internet of thing* selama ini menggunakan website maupun aplikasi dimana cara ini dianggap paling mudah untuk merepresentasikan nilai sensor yang dipasang pada perangkat *internet of thing*. Seiring berkembangnya zaman banyak bermunculan teknologi terbaru salah satunya adalah teknologi *augmented reality* dimana teknologi (Olwal & Alex, 2009) *augmented reality* ini adalah salah satu teknologi yang mampu menghadirkan benda virtual ke dunia nyata dengan bantuan camera gadget. Selama ini penggunaan teknologi *augmented reality* ini masih sebatas untuk entertainment saja seperti permodelan hewan, permodelan benda museum dan juga permodelan lainnya. Sebenarnya penerapan (Veas Eduardo dkk, 2012) *wireless sensor network* yang digunakan untuk memonitoring kondisi lingkungan namun pada penelitian tersebut masih menggunakan perangkat komputer sehingga untuk penampilan data masih bergantung pada komunikasi usb data yang dikumpulkan pun masih sangat minim. Lebih lanjut pada penelitian (Lavric dkk, 2012) berbeda banyak

yang meneliti pada bagian *wireless sensor network* namun hampir merata penelitian tersebut masih menggunakan simulasi sehingga diperlukan adanya *real test*.

Pertanian adalah sebuah sektor dimana sektor ini memiliki bagian yang cukup besar terutama di negara Indonesia ini hampir kita temui masyarakat Indonesia berprofesi sebagai petani namun seiring berkembangnya zaman lahan yang digunakan untuk ladang dan sawah semakin mengecil hal ini diakibatkan banyaknya bangunan gedung dan juga perumahan sehingga menimbulkan sebuah metode baru yang lagi booming dikalangan masyarakat yakni dengan cara menanam secara hidroponik. (Rosliani, 2005) dimana metode penanaman hidroponik ini tidak membutuhkan lahan yang luas dan juga membutuhkan tanah yang berlimpah namun cukup dengan lahan terbatas dan penggunaan media tanam yang sebagian besar menggunakan air yang diperinutrisi dapat digunakan sebagai sarana tumbuhnya tanaman. Namun metode ini dirasakan cukup sulit bagi kebanyakan orang dikarenakan kultur yang digunakan berbeda.

Dari permasalahan diatas maka penulis ingin membuat sebuah penelitian tentang apakah *wireless sensor network* yang memiliki daya kecil dapat diterapkan pada sistem monitoring yang menggunakan teknologi *augmented reality* sehingga mempermudah monitoring kondisi tanaman yang menggunakan kultur penanaman hidroponik.

1.2 Rumusan Masalah

Sistem AR *monitoring* berbasis WSN yang ada memiliki beberapa keterbatasan yakni data yang ditampilkan tidak *realtime*, hanya memuat 1 *sensor* pada 1 *node* WSN dan membutuhkan *mainboard* tambahan seperti arduino. Keterbatasan sistem ini mengakibatkan user memiliki beberapa masalah yakni tidak dapat melihat data sewaktu-waktu karena data yang ditampilkan tidak *realtime*, selain itu *user* juga membutuhkan banyak sistem jika ingin memasang lebih dari 1 sensor. Hal ini membuat *cost* yang dikeluarkan semakin besar selain itu daya yang dibutuhkan juga besar, karena menggunakan komponen tambahan seperti arduino.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1 Sistem monitoring tersusun dari komponen Arduino Uno board, Xbee, Sensor soil moisture LM393, sensor humidity, dan sensor cahaya, PH sensor.

- 2 Topologi yang digunakan adalah single hop.
- 3 Seluruh percobaan ini menggunakan mode API pada sisi WSN.

1.4 Tujuan

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah desain dan prototipe *augmented reality monitoring system* yang mampu menampilkan data secara realtime dan dapat menampung banyak sensor dalam sebuah node WSN. Dengan desain dan prototipe yang dirancang diharapkan dapat menampilkan data secara realtime dan mengefisienkan penggunaan perangkat yang ada pada *augmented reality monitoring system* berbasis WSN.

1.5 Manfaat

Dengan diperolehnya desain dan prototipe dari teknologi *augmented reality monitoring system* berbasis WSN yang mampu menampilkan data secara *realtime* dan dapat menampung banyak sensor pada sebuah *node* dapat dijadikan sebuah acuan untuk pembuatan *augmented reality monitoring system* berbasis WSN yang efisien dan hemat daya. Selain itu manfaat lain adalah prototipe yang telah dibuat dapat diterapkan untuk monitoring media tanam hidroponik.

1.6 Metodologi

- a. Studi Literatur, yaitu dengan membaca dan memahami teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan yang terdiri dari buku-buku referensi dan jurnal.
- b. Perancangan sistem, yaitu dengan cara melakukan perancangan untuk membangun sebuah sistem realtime *augmented reality* monitoring media tanam pada hidroponik berbasis *Wireless sensor network*.
- c. Implementasi, yaitu penerapan dari hasil perancangan di buat implementasi sistem pada kebun hidroponik.
- d. Pengujian dan analisa, yaitu pengujian protokol IEEE 802.14.5 dan protokol Zigbee dengan menggunakan 4 sensor dan melihat hasil sensor pada media Augmented Reality. Setelah didapat data tersebut maka akan dianalisa apakah data yang dikirim sesuai dengan data yang diterima. Pengujian sesuai dengan skenario yang ada pada BAB 3.

[HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN]

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian mengenai *Augmented reality* monitoring system menggunakan *Wireless sensor network* ini telah dilakukan peneliti sebelumnya di berbagai negara antara lain sebagai berikut :

1. Karen Rose et.al (2015) dalam jurnalnya menyatakan bahwa pada *internet of thing* memiliki beberapa metode komunikasi dimana setiap metode memiliki protokol-protokol yang harus ada sehingga komunikasi pada perangkat *internet of thing* dapat berjalan dengan baik.
2. Daniel Goldsmith (2008) dalam penelitiannya dia merancang sebuah *augmented reality* untuk memantau kondisi ruangan dengan *wireless sensor network*.
3. Shija Pan (2012) dalam penelitiannya dia membuat sebuah sistem *augmented reality* untuk memonitor efisiensi yang ada pada perangkat elektronik.
4. Choi Jinho (2010) dalam penelitiannya dia mengemukakan sebuah metode untuk memaksimalkan kinerja *wireless sensor network* dengan membebani satu *node wireless sensor network* dengan beberapa sensor namun hal ini masih dilakukan dengan simulasi.
5. Alexandru Lavric (2012) dalam penelitiannya mereka meneliti tentang *Packet Error Rate* pada protokol IEEE 802.14.5 dan *Bluetooth*.
6. Eduardo Veas (2012) dalam penelitiannya mereka membuat sebuah sistem *augmented reality* yang berfungsi untuk memonitor kondisi lingkungan mulai dari temperatur, kelembapan, dll.
7. Kaur (2012) dalam penelitiannya dia mengemukakan bahwa dia menerapkan metode fusion center dan membandingkan dengan metode lain dan mencobanya dengan perhitungan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Monitoring

a. Definisi

Definisi (Maribun, 2008) monitoring sendiri didefinisikan sebagai siklus yang mencakup pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasikan. Pada umumnya monitoring digunakan dalam pengecekan kinerja dan target yang telah direncanakan. Monitoring sendiri diperlukan untuk meninjau bahwa proses berjalan sesuai dengan rencana. Monitoring dapat memberikan informasi keberlangsungan proses untuk menetapkan langkah menuju ke arah revisi dan perbaikan yang berkesinambungan. Pada pelaksanaannya, monitoring dilakukan ketika suatu proses sedang berlangsung Level kajian sistem monitoring mengacu pada kegiatan perkegiatan dalam suatu bagian. Umumnya, pelaku monitoring merupakan pihak-pihak yang berkepentingan dalam proses, baik pelaku proses (*self monitoring*) maupun atasan / supervisor pekerja.

Berbagai macam alat bantu yang digunakan dalam pelaksanaan sistem monitoring, baik observasi / interview secara langsung, dokumentasi maupun aplikasi visual. Pada dasarnya, (Dwi, 2014) monitoring memiliki dua fungsi dasar yang berhubungan, yaitu *compliance monitoring* dan *performance monitoring*. *Compliance monitoring* berfungsi untuk memastikan proses sesuai dengan harapan/ rencana. Sedangkan, *performance monitoring* berfungsi untuk mengetahui perkembangan organisasi dalam pencapaian target yang diharapkan.

b. Efektivitas Sistem Monitoring

Sistem monitoring akan memberikan dampak yang baik bila dirancang dan dilakukan secara efektif. (Dwi, 2014) Berikut kriteria sistem monitoring yang efektif :

1. Sederhana dan mudah dimengerti (*user friendly*). Monitoring harus dirancang dengan sederhana namun tepat sasaran. Konsep yang digunakan adalah singkat, jelas, dan padat. Singkat berarti sederhana, jelas berarti mudah dimengerti, dan padat berarti bermakna (berbobot).

2. Fokus pada beberapa indikator utama. Indikator diartikan sebagai titik kritis dari suatu scope tertentu. Banyaknya indikator membuat pelaku dan obyek monitoring tidak fokus. Hal ini berdampak pada pelaksanaan sistem tidak terarah. Maka itu, fokus diarahkan pada indikator utama yang benar-benar mewakili bagian yang dipantau.
3. Perencanaan matang terhadap aspek-aspek teknis. Tujuan perancangan sistem adalah aplikasi teknis yang terarah dan terstruktur. Maka itu, perencanaan aspek teknis terkait harus dipersiapkan secara matang. Aspek teknis dapat menggunakan pedoman 5W1H, meliputi apa, mengapa, siapa, kapan, di mana dan bagaimana pelaksanaan sistem monitoring.
4. Prosedur pengumpulan dan penggalian data. Selain itu, data yang didapatkan dalam pelaksanaan monitoring pada on going process harus memiliki prosedur tepat dan sesuai. Hal ini ditujukan untuk kemudahan pelaksanaan proses masuk dan keluarnya data. Prosedur yang tepat akan menghindari proses input dan output data yang salah (tidak akurat).

c. Tujuan Sistem Monitoring

Terdapat beberapa tujuan sistem monitoring. (Dwi, 2014) Tujuan sistem monitoring dapat ditinjau dari beberapa segi, misalnya segi obyek dan subyek yang dipantau, serta hasil dari proses monitoring itu sendiri. Adapun beberapa tujuan dari sistem monitoring yaitu yaitu:

1. Memastikan suatu proses dilakukan sesuai prosedur yang berlaku. Sehingga, proses berjalan sesuai jalur yang disediakan (*on the track*).
2. Menyediakan probabilitas tinggi akan keakuratan data bagi pelaku monitoring.
3. Mengidentifikasi hasil yang tidak diinginkan pada suatu proses dengan cepat (tanpa menunggu proses selesai).

2.2.2 Augmented reality (AR)

Augmented reality (AR) (Hariadi & Latief, 2011) adalah bidang penelitian komputer yang menggabungkan data komputer grafis 3D dengan dunia nyata. Inti dari AR adalah melakukan interfacing untuk menempatkan obyek virtual ke dalam dunia

nyata. Lebih lanjut Muhaimin menjelaskan bahwa *Augmented reality* adalah variasi dari *Virtual Environment* (VE) atau yang lebih dikenal dengan *Virtual Reality* (VR) [1]. Sedangkan virtual reality memiliki arti sebuah situasi dimana pengguna secara keseluruhan berada di dalam lingkungan maya. Lebih lanjut (Yuen & Johnson, 2011) *Augmented reality* (AR) merupakan sebuah teknologi yang menggabungkan antara dunia virtual dengan dunia nyata sehingga dapat membawa sebuah gambar benda virtual ke dunia nyata dengan sebuah *Augmented reality Environment*. Sedangkan *Augmented reality Environment* dapat berupa sebuah komputer, smartphone, ataupun semua peralatan berbasis komputer.

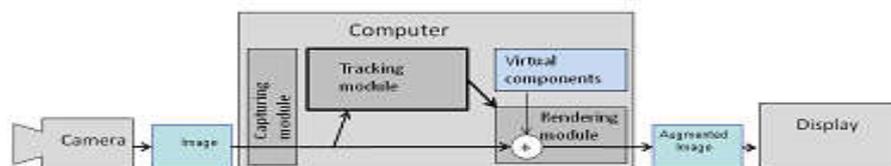
A. Pemanfaatan *Augmented reality*

Beberapa organisasi menawarkan skema yang berpendapat potensial dari (Yuen & Johnson, 2011) penerapan AR terbagi menjadi 3 kategori besar: (a) presentasi dan visualisasi, (b) industri dan (c) edutainment. Meski banyak kekurangan dan analisis penerapan AR dalam dunia pendidikan, sama bagusnya dalam media dan industri hiburan, industri permainan, industri travel dan dan tourism, marketing, memperluas dalam bidang sosial jaringan online dan dalam kehidupan sehari-hari.

Dewasa ini penerapan *augmented reality* sudah mulai digunakan pada ranah ubiquitous computing dan juga monitoring system dengan memadukan antara teknologi *augmented reality* dan juga *wireless sensor network*. Penerapan *augmented reality* sebagai monitoring sistem pun sudah mulai banyak dikembangkan pada banyak penelitian seperti yang disebutkan pada awal bab.

B. Cara Kerja *Augmented reality*

Framework *augmented reality* Sederhana dapat ditunjukkan pada gambar Gambar 2.1



Gambar 2.1. Prinsip kerja *Augmented reality*

Modul penangkap menangkap gambar dari kamera. Modul pelacakan menghitung lokasi yang benar dan orientasi untuk overlay virtual. Modul render menggabungkan gambar asli dan komponen virtual kemudian membuat gambar yang ditambah objek virtual pada tampilan [2].

Scanning module adalah inti dari sistem *augmented reality*, hal ini dipergunakan untuk menghitung pose relatif kamera secara real time. Pose istilah berarti enam derajat kebebasan (DOF) posisi, yaitu 3d lokasi dan 3d orientasi obyek. Modul pelacakan memungkinkan sistem untuk menambahkan komponen virtual sebagai bagian dari adegan nyata. (Olwal & Alex, 2009) perbedaan mendasar dibandingkan dengan alat pengolahan gambar lainnya adalah bahwa *augmented reality* dapat menampilkan benda virtual yang dapat dipindahkan dan diputar pada koordinat 3D.

Cara paling sederhana untuk menghitung pose adalah dengan menggunakan spidol. Namun, model matematika (geometri proyektif) belakang metode perhitungan berpose lainnya adalah sama. Masalah optimasi yang sama muncul dalam metode perhitungan Pose berbeda dan diselesaikan dengan metode optimasi yang sama. Kita dapat mempertimbangkan penanda untuk menjadi tipe khusus dari fitur hal tersebut adalah konsep dasar dari marker. Metode-metode scanning ini terus berkembang hingga sekarang melahirkan metode scanning hybrid.

Modul render membuat gambar virtual berada di atas gambar kamera. Dalam komputer grafis dasar, adegan maya diproyeksikan pada bidang gambar menggunakan kamera virtual dan proyeksi ini akan muncul. Cara *augmented reality* adalah dengan menggunakan kamera virtual identik dengan kamera nyata sistem. Dengan cara ini benda-benda maya dalam adegan diproyeksikan dalam benda nyata dan hasilnya akan tampak seperti nyata. Untuk dapat meniru kamera nyata, sistem perlu mengetahui karakteristik optik kamera. proses identifikasi karakteristik ini disebut kalibrasi kamera. Kalibrasi kamera dapat menjadi bagian dari sistem AR atau dapat menjadi proses yang terpisah. Banyak toolkit menyediakan alat kalibrasi, misalnya Alvar dan *ARToolkit* memiliki fungsi kalibrasi.

C. Interaksi *Augmented reality*

Kemampuan interaktif sistem AR sering memainkan peran penting dalam melengkapi kemampuan layar yang membantu untuk meningkatkan interaksi pada dunia nyata. Sementara banyak literatur yang membahas teknik interaksi dalam AR, banyak dari teknik tersebut memiliki efek samping yang mempengaruhi interaksi pengguna dengan dunia nyata. Masalah yang mungkin berkaitan dengan faktor-faktor ergonomis, seperti menampilkan kepala-dikenakan yang membatasi visibilitas dan visi perifer, sistem ditambahkan kabel yang membatasi gerakan, atau perangkat yang dapat dipakai yang menutupi bagian tubuh pengguna. Aspek sosial mungkin juga penting, karena teknologi yang dikembangkan haruslah sesuai dengan kondisi pada dunia nyata. Karena itu mungkin menguntungkan untuk menekankan teknologi interaktif yang menghindari seperti potensi konflik dan meminimalkan dampak negatif sistem AR mungkin memiliki pada pengguna interaksi normal dengan dunia nyata. Sejumlah teknologi yang berbeda yang dapat memungkinkan interaksi, sambil menghindari pembebanan dan peralatan-pengguna dikenakan, dijelaskan di bagian Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Touch Interaction pada *Augmented reality*

a. Sentuhan

Peralatan yang dapat dimanipulasi sehingga sensitif terhadap sentuhan sehingga terlihat lebih alami, intuitif dan mudah digunakan. Jari atau stylus yang digunakan untuk menunjuk, menyeret, dan memegang dapat langsung diterapkan pada objek grafis yang menarik, tanpa perlu perangkat khusus yang digunakan untuk interaksi antara manusia dan komputer.

Banyak karakteristik permukaan yang dapat mempengaruhi pengalaman pengguna dan kinerja dalam interaksi berbasis jari. Kalibrasi yang tidak benar, paralaks antara

lapisan sentuh yang sensitif dan elemen layar, resolusi layar rendah, resolusi penginderaan rendah, dan oklusi oleh jari pengguna dapat mengganggu interaksi sehingga hasil sentuhan kurang akurat. Permukaan padat juga biasanya kurang memiliki feedback jika digunakan untuk kontrol diakrenakan faktor tekstur, aktuasi, sifat fisik dan mekanik. (Harrison & Hudson, , 2009) hal ini dapat dianggap sebagai salah satu masalah yang paling serius dalam interaksi pada perangkat sentuh, karena teknologi yang dibutuhkan adalah berdasarkan tingkat umpan balik taktil pasif atau aktif.

b. Gesture dan pose

Ini mungkin bermanfaat untuk kontrol jarak jauh dengan cara mendeteksi gerakan pengguna sebagai alternatif untuk sentuhan langsung, misalnya, jika konfigurasi hardware tertentu pada sistem tidak kompatibel dengan teknologi sentuh. Instalasi publik dapat bergantung pada isu-isu seperti karakteristik material dari kaca jendela, atau persyaratan untuk teknologi yang kuat yang dilindungi dari pengguna. Antarmuka berbasis sentuh mungkin juga tidak sesuai dikarenakan bahan yang digunakan mahal untuk skenario tertentu. Ini dapat mencakup pekerjaan laboratorium atau prosedur medis, di mana tangan pengguna ditempati atau mengenakan sarung tangan, atau tugas membutuhkan operasi aseptik. Terkontrol, atau semi-dikendalikan, pengukuran cahaya adalah pendekatan penginderaan jauh populer untuk aplikasi interaktif. Metode bervariasi, misalnya, berdasarkan jenis perangkat keras yang digunakan, jenis cahaya yang dirasakan, dan apakah adegan secara aktif diterangi oleh sistem. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Gesture dan Pose Interaction pada *Augmented reality*

(Olwal & Alex, 2009) Perubahan adegan dasar mungkin, misalnya, dapat dideteksi dengan kamera biasa yang menangkap cahaya tampak. Pendekatan penginderaan jauh tersebut dapat digunakan untuk melacak bagian tubuh, seperti kepala atau tangan, di mana deteksi yang dihasilkan dari postur dan gerak tubuh dapat dipetakan ke kontrol antarmuka secara eksplisit, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 dan 2.4.

Tracker mata, di sisi lain, dapat memulihkan posisi 3D dari mata pengguna dengan menerangi adegan dengan beberapa sumber cahaya inframerah dan menangkap cahaya mencerminkan dari sensor gambar yang merasakan hanya cahaya inframerah. (Olwal & Alex, 2009) Touchlight, yang ditunjukkan pada Gambar 15, menggunakan dua kamera inframerah dan stereo visi komputer untuk mendeteksi posisi tangan pengguna dekat permukaan layar transparan. Dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Interaksi pada *Augmented reality*

Antarmuka berbasis gesture sering dianggap sebagai alam, intuitif, futuristik atau "ajaib", tetapi ada banyak masalah yang dapat mempersulit kegunaan mereka. Kurangnya dukungan fisik, misalnya, menyebabkan kelelahan karena interaksi yang panjang, pose tidak wajar, atau kebutuhan recognizer untuk gerak berlebihan. Potensi kesulitan mendeteksi awal dan akhir dari suatu tindakan. Perlu dicatat bahwa menangkap gerakan pengguna, menatap atau tindakan lain juga dapat digunakan secara implisit untuk meningkatkan tingkat perendaman, melalui perubahan halus atau tanggapan dalam antarmuka pengguna.

d. Masukan Suara

Masukan suara biasanya menggunakan gaya interaksi berbasis perintah, di mana pengguna mengeksekusi tindakan melalui perintah lisan. Interaktivitas namun juga dapat dicapai melalui analisis fitur non-verbal, misalnya, untuk memberikan kontrol parameter terus menerus. Keterlambatan dalam pemrosesan audio dan bandwidth inheren terbatas berbicara merupakan faktor yang perlu diperhitungkan untuk setiap skenario, karena mereka dapat mempengaruhi sistem dirasakan kinerja, responsif dan interaktivitas. Masalah kebisingan ambient dan audio yang saling bertentangan merupakan tantangan utama dalam antarmuka pidato, di mana kemampuan sistem untuk fokus pada sumber suara yang relevan sering menentukan keberhasilan dalam akurat menafsirkan pengguna. Hal ini telah menyebabkan berbagai strategi perangkat keras yang secara spasial mempersempit menangkap sistem audio, mulai dari mikrofon array jarak jauh arah akal, untuk mikrofon-pengguna dikenakan bahwa klip ke pakaian untuk keuntungan kedekatan, untuk mikrofon tubuh-terpasang yang mengeksploitasi konduksi tulang untuk mengisolasi suara pengguna dari lingkungan.

2.2.2. *Wireless sensor network* (WSN)

A. Pengertian *Wireless sensor network* (WSN)

Wireless sensor network (WSN) [3] adalah sebuah sistem distribusi *node* yang kompleks dengan kemampuan sensing, pemrosesan data, dan kemampuan penyimpanan, wireless-communication interfaces dan pada umumnya memiliki daya yang terbatas. Kebanyakan penggunaan WSN ini diterapkan pada kontrol aplikasi pada jarak lingkungan mikro dan makro, seperti alam liar, lingkungan padat penduduk, keperluan teknik dan struktur biologi .

B. Karakteristik WSN

Wireless sensor network memiliki [3] karakteristik sebagai berikut :

1. Sumber daya tenaga yang terbatas. WSN tidak memiliki sumber daya tenaga yang bersifat kontinu. Tenaga WSN dapat diperoleh dengan baterai dan juga adaptor namun perlu diperhatikan WSN memiliki batas maksimal yakni 3.3V.

2. Kemampuan untuk bertahan pada lingkungan yang memiliki kondisi yang cenderung berubah misalnya temperatur, curah hujan, kelembapan, intensitas cahaya dan lain sebagainya.
3. Kemampuan untuk mengatasi kesalahan pada *node* (*decentralized management*). Hal ini diperlukan mengingat *node* yang digunakan WSN akan berada di luar ruang lingkup pengawasan pengguna, sehingga kemampuan untuk mengatasi kesalahan yang terjadi secara otomatis menjadi vital.
4. *Node mobility*, *Node* yang digunakan pada WSN dapat diletakkan di mana saja selama masih berada dalam range WSN tersebut. *Node* tidak memiliki keterkaitan dengan posisi, sehingga dapat dipindahkan meskipun saat sedang bekerja.
5. Topologi jaringan yang dinamis, WSN tidak memiliki batasan maupun kriteria tertentu dalam merancang topologinya. Topologi dapat dirancang sesuai dengan keinginan dan tujuan yang dimaksud oleh pengguna.
6. Penyebaran dengan skala besar, WSN dapat digunakan untuk pemantauan wilayah dengan luas yang sangat besar serta untuk keperluan yang beragam.

2.2.3. Protokol IEEE 802.15.4

Akhir-akhir ini IEEE telah mengeluarkan standar untuk *medium access layer* (MAC) dan *physical layer* (PHY) untuk *low-rate wireless personal area networks* (LE-WPAN IEEE 802.15.4). IEEE 802.14.5 adalah multi-optional pada komunikasi MAC dan PHY layer dengan ukuran yang tidak terlalu besar yang dapat mendukung variasi protokol layer yang lebih besar. Protokol IEEE 802.15.4 telah disematkan pada produk Xbee S1 dimana pada Xbee S1 ini *node* masing-masing dapat bertindak sebagai end device dan coordinator. Untuk lebih lengkapnya berikut adalah gambar dan spesifikasi dari Xbee S1 yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6.



Gambar 2.5. Xbee S1

SPECIFICATIONS	XBee® 802.15.4 XBee-PRO® 802.15.4	
	PERFORMANCE	
RF DATA RATE	250 kbps	250 kbps
INDOOR/URBAN RANGE	100 ft (30 m)	300 ft (100 m)
OUTDOOR/RF LINE-OF-SIGHT RANGE	300 ft (100 m)	1 mi (1.6 km)
TRANSMIT POWER	1 mW (+0 dBm)	60 mW (+18 dBm)*
RECEIVER SENSITIVITY (1% PER)	-92 dBm	-100 dBm
FEATURES		
SERIAL DATA INTERFACE	3.3V CMOS UART	
CONFIGURATION METHOD	API or AT Commands, local or over-the-air	
FREQUENCY BAND	2.4 GHz	
INTERFERENCE IMMUNITY	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	
SERIAL DATA RATE	1200 bps - 250 kbps	
ADC INPUTS	(6) 10-bit ADC inputs	
DIGITAL I/O	8	
ANTENNA OPTIONS	Chip, Wire Whip, U.F.L., & RP-SMA	
NETWORKING & SECURITY		
ENCRYPTION	128-bit AES	
RELIABLE PACKET DELIVERY	Retries/Acknowledgments	
IDS AND CHANNELS	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 16 Channels	
POWER REQUIREMENTS		
SUPPLY VOLTAGE	2.8 - 3.4VDC	2.8 - 3.4VDC
TRANSMIT CURRENT	45 mA @ 3.3VDC	215 mA @ 3.3VDC
RECEIVE CURRENT	50 mA @ 3.3VDC	55 mA @ 3.3VDC
POWER-DOWN CURRENT	~10 uA @ 25° C	
REGULATORY APPROVALS		
FCC (USA)	OUR XBEE	OUR XBEEPRO
IC (CANADA)	4214A-XBEE	4214A-XBEEPRO
ETSI (EUROPE)	Yes	Yes - Max TX 10 mW
C-TICK AUSTRALIA	Yes	
TELEC (JAPAN)	Yes	

Gambar 2.6. Spesifikasi Xbee S1

Setiap protokol memiliki struktur data yang telah ditetapkan untuk struktur protokol IEEE 802.14.5 dapat dijabarkan pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1. 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

2.2.4. 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 PSY layer. Namun pada 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. Berikut adalah gambar dan spesifikasi Xbee S2 seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7 dan 2.8.



Gambar 2.7. Xbee S2

1.2. Specifications

Table 1-01. Specifications of the XBee Series 2 OEM RF Module (PRELIMINARY)

Specification	XBee Series 2
Performance	
Indoor/Urban Range	up to 133 ft. (40 m)
Outdoor RF line-of-sight Range	up to 400 ft. (120 m)
Transmit Power Output (software selectable)	2mW (+3dBm)
RF Data Rate	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 - 230400 bps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-95 dBm (1% packet error rate)
Power Requirements	
Supply Voltage	2.8 – 3.4 V
Operating Current (Transmit)	40mA (@ 3.3 V)
Operating Current (Receive)	40mA (@ 3.3 V)
Power-down Current	< 1 uA @ 25°C
General	
Operating Frequency Band	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.980" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)
Antenna Options	Integrated Whip, Chip, RPSMA, or U.FL Connector
Networking & Security	
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint, Peer-to-peer & Mesh
Number of Channels (software selectable)	16 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID and Addresses, Cluster IDs and Endpoints (optional)
Agency Approvals	
United States (FCC Part 15.247)	Pending
Industry Canada (IC)	Pending
Europe (CE)	Pending

Gambar 2.8. Spesifikasi Xbee S2

Setiap protokol memiliki sebuah susunan tersendiri namun pada protokol zigbee memiliki susunan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Struktur Protokol 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

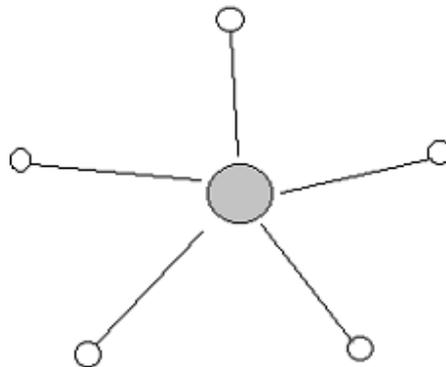
C. Topologi *Wireless sensor network*

Dalam perkembangannya wireless sensor telah dikembangkan dengan beberapa topologi jaringan seperti [3] :

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

a. **Single Hop Star Topology**

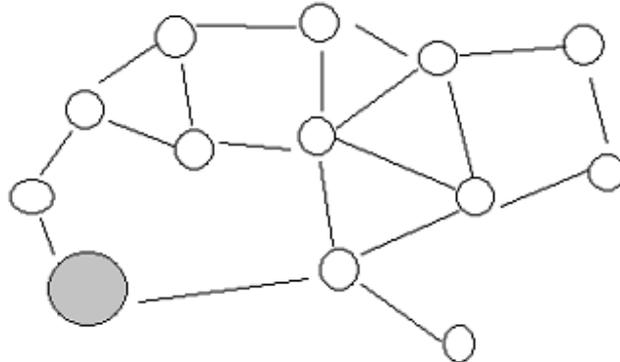
Single hop star adalah teknologi topologi WSN yang sangat sederhana. Dalam topologi ini, setiap *node* mengarah langsung ke gateway atau pengepul data. Dikarenakan topologi ini berpusat pada jaringan yang minim dan sederhana. Topologi ini sangat mudah untuk diimplementasikan. Bagaimanapun pada desain topologi ini permasalahan terbesar adalah keterbatasan pada permasalahan scalability. *Node* yang jauh dari Gateway akan memiliki koneksi yang kurang baik. Topologi ini baik digunakan pada jaringan wsn yang memiliki *node* yang sedikit dan area yang kecil.



Gambar 2.9. Topologi Single Hop Star

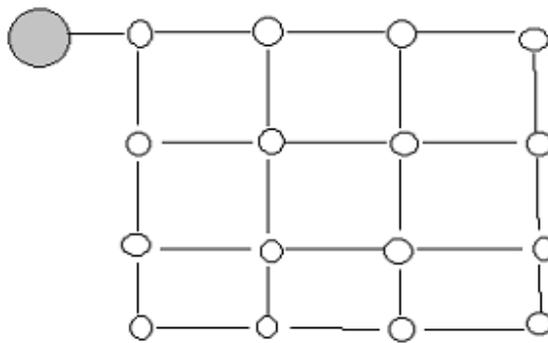
b. Multi Hop Mesh and Grid Topology

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 protokol yang dibuat oleh user. Gambar 2.10 merupakan topologi multi hop yang peletakkan *node* dan gateway secara random.



Gambar 2.10. Gambar Topologi Multi Hop Star secara random

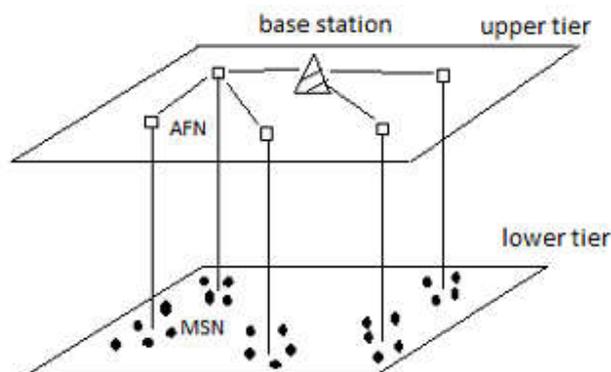
Selain dapat dimanfaatkan pada peletakan *node* yang secara random topologi ini juga dapat diterapkan pada sebuah jaringan yang *nodenya* terstruktur seperti Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Gambar Topologi Multi Hop Star Terstruktur

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. Keuntungan menggunakan topologi ini adalah dapat membagi seluruh jaringan pada area kecil yang didalamnya dapat dikelola secara local. Cluster head dapat dirancang lebih powerfull dengan penambahan komputasi yang lebih baik. Pada kondisi ini, *node* dapat juga terkoneksi menggunakan kabel yang dapat mempercepat kecepatan transmisi sehingga lebih stabil seperti pada jaringan pada umumnya.



Gambar 2.12. Topologi Two Tier Hierarchical Structure

D. Packet Error Rate

Packet Error Rate (PER) digunakan untuk menguji kinerja penerima akses terminal. PER adalah rasio, dalam persen. (Alexandru, dkk. 2012) *Packet Error Rate* digunakan untuk mengukur berapa packet yang diterima namun memiliki nilai yang berbeda dengan packet yang dikirim. *Packet Error Rate* ini digunakan untuk menguji performa sebuah sistem yang berhubungan dengan komunikasi di ranah fisikal. Pada pengukuran *Packet Error Rate* tentu memiliki beberapa komponen yang harus ada pada pengujian *Packet Error Rate* seperti : minimal packet yang dikirim, maksimal packet yang dikirim, timeout dll.

1. Minimal Packet

Pada pengukuran *Packet Error Rate* menentukan titik terkecil packet yang akan diuji biasanya dimulai dari 0 – 10.

2. Maksimal Packet

Pada pengukuran *Packet Error Rate* juga menentukan maksimal packet pengukuran yang diuji.

3. Confidence Level

Pada confidence level ini PER yang muncul perlu diberi batasan untuk menentukan apakah PER yang muncul itu dapat ditoleransi atau tidak.

Hasil dari pengukuran packet error rate ini memiliki beberapa hasil yakni packet tested, PER, packet error count. Berikut adalah penjelasan masing-masing hasil yang dikeluarkan dari pengujian PER :

1. Packet Tested

Pada packet tested ini merupakan packet yang berhasil di tes dengan cara dikirim dan diterimanya packet.

2. PER (*Packet Error Rate*)

Pada hasil ini akan dicari rasio kesalahan packet total yang diterima dalam persen.

3. Packet Error Count

Pada hasil ini akan dicari total packet yang salah ketika diterima oleh receiver.

2.2.3. Sensor

a. Definisi

(Syam, 2013) Sensor adalah detektor yang memiliki kemampuan untuk mengukur beberapa jenis kualitas fisik yang terjadi, seperti tekanan atau cahaya. Sensor kemudian akan dapat mengkonversi pengukuran menjadi sinyal bahwa seseorang akan dapat membaca. Sebagian besar sensor yang digunakan saat ini benar-benar akan dapat berkomunikasi dengan perangkat elektronik yang akan melakukan pengukuran dan perekaman. Secara khusus sensor dapat dibagi menjadi 3 bagian yang akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Sensor

Sensor adalah elemen sistem yang secara efektif berhubungan dengan proses dimana suatu variabel sedang diukur dan menghasilkan suatu keluaran dalam bentuk tertentu tergantung pada variabel masukannya, dan dapat digunakan oleh bagian sistem pengukuran yang lain untuk mengenali nilai variabel tersebut. sebagai contoh adalah sensor termokopel yang memiliki masukan berupa temperatur serta keluaran berupa gaya gerak listrik (GGL) yang kecil. GGL yang kecil ini oleh bagian sistem pengukuran yang lain dapat diperkuat sehingga diperoleh pembacaan pada alat ukur.

2. Prosesor Sinyal

Bagian ini merupakan elemen sistem instrumentasi yang akan mengambil keluaran dari sensor dan mengubahnya menjadi suatu bentuk besaran yang cocok untuk tampilan dan transmisi selanjutnya dalam beberapa sistem kontrol. Seperti pengondisi sinyal (signal conditioner) merupakan salah satu bentuk prosesor sinyal seperti ditunjukkan pada gambar 2.13.



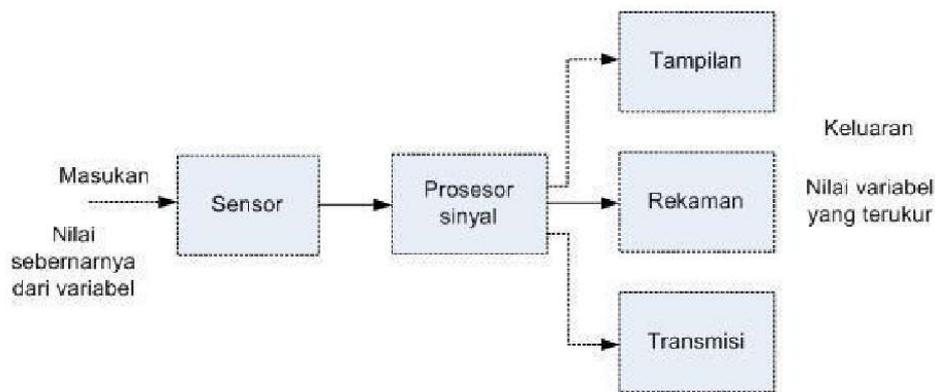
Gambar 2.13. Input dan Output sistem Pengukuran

Untuk contoh kasus termokopel seperti dijelaskan sebelumnya, elemen prosesor sinyal ini dapat berupa penguat yang digunakan untuk meningkatkan besar GGL yang dihasilkan sensor termokopel.

3. Penampil Data

Elemen terakhir pada sebuah sistem instrumentasi pengukuran adalah penampil data. Elemen ini menampilkan nilai-nilai yang terukur dalam bentuk yang bisa dikenali oleh pengamat, seperti melalui sebuah alat penampil (display), misalnya sebuah jarum penunjuk (pointer) yang bergerak disepanjang skala suatu alat ukur. Selain ditampilkan, sinyal tersebut juga dapat direkam, misalnya pada kertas perekam diagram atau pada piringan magnetik, ataupun ditransmisikan ke beberapa sistem yang lain seperti sistem kontrol/kendali.

Dengan menggabungkan ketiga elemen-elemen pembentuk sistem instrumentasi pengukuran di atas, maka secara umum sistem pengukuran dapat digambarkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Proses Pengukuran

b. PH Sensor

PH sensor adalah sebuah sensor untuk mengetahui kadar PH pada sebuah cairan. Pada penelitian kali ini sensor PH digunakan untuk mengukur kadar PH yang ada pada nutrisi hidroponik. Tabel 2.3 adalah spesifikasi dari sensor PH.

Tabel 2.3 Spesifikasi PH Sensor

Module Power: 5.00V	Circuit Board Size: 43mm×32mm
pH Measuring Range: 0-14	Measuring Temperature: 0-60 °C
Accuracy: ± 0.1pH (25 °C)	Response Time: ≤ 1min
pH Sensor with BNC Connector	PH2.0 Interface (3 foot patch)
Gain Adjustment Potentiometer	Power Indicator LED



Gambar 2.15 Sensor PH.

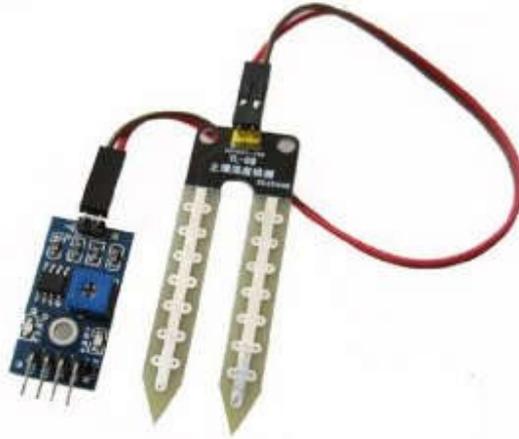
Pada pH Sensor yang ditunjukkan pada Gambar 2.15 terdiri dari 2 jenis bagian utama yakni yang pertama adalah probe dan kontroller yang berfungsi mengubah data PH menjadi data tegangan yang akhirnya akan dibaca oleh mikrokontroller dan menampilkan hasil PH yang di sensing.

c. Soil Moisture

Sensor soil moisture adalah sebuah sensor untuk mengetahui nilai kelembapan tanah namun pada penelitian kali ini sensor soil moisture digunakan untuk mengukur kadar EC pada media tanam hidroponik. Berikut adalah spesifikasi sensor soil moisture yang ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Spesifikasi Soil Moisture

VCC: 3.3V-5V	GND: GND
DO: digital output interface(0 and 1)	AO: analog output interface



Gambar 2.16. Soil Moisture Sensor

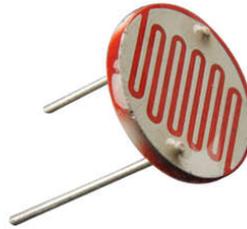
Soil moisture seperti gambar yang ditunjukkan pada Gambar 2.16 yang digunakan adalah jenis frequency domain sensor dimana sensor akan memperkuat sinyal elektromagnetik yang dikirimkan dengan kandungan EC yang terkandung pada tanah. Namun pada penelitian kali ini soil moisture digunakan untuk mengukur EC dalam tanah.

d. LDR (Light Dependent Resistor)

LDR (Light Dependent Resistor) adalah sebuah sensor yang peka terhadap cahaya, cahaya dirubah menjadi sebuah tahanan yang dimana nilai resistansi bertambah seiring dengan cahaya yang di sensing. Berikut adalah tabel spesifikasi LDR sensor yang ditunjukkan pada Tabel 2.5 dan Gambar 2.6.

Tabel 2.5. Spesifikasi LDR

Tahanan sel	Waktu respon
1000 LUX = 400 Ohm	1000 LUX = 2,8 ms
10 LUX = 9000 Ohm	10 LUX = 18 ms



Gambar 2.17. Sensor LDR

Pada penelitian ini sensor LDR digunakan untuk mengukur tingkat cahaya matahari pada kebun hidroponik.

e. Sensor LM35

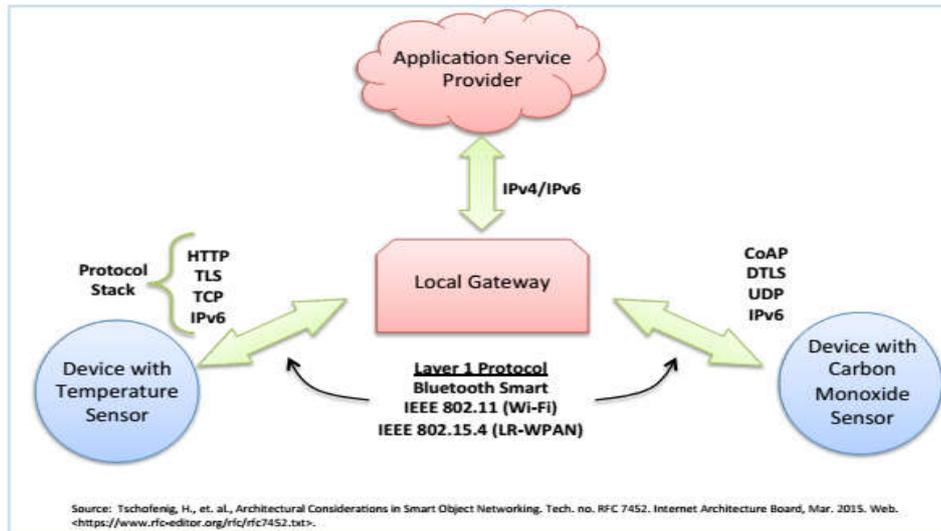
Sensor LM35 adalah sensor yang digunakan untuk mengukur suhu disebuah ruangan. Sensor LM35 mengubah suhu sekitar menjadi sebuah tegangan. Berikut adalah spesifikasi dari sensor LM35 yang ditunjukkan pada Tabel 2.6 dan Gambar 2.18.

Tabel 2.6. Spesifikasi Sensor LM35

Suhu dalam satuan Celcius	Skala Linear + 10-mV/°C
0.5°C Ensured Accuracy (at 25°C)	Kisaran Pembacaan suhu -55°C sampai 150°C
Cocok untuk aplikasi monitoring	Low-Impedance Output, 0.1 Ω for 1-mA Load
Tegangan operasi 3,3 V to 30 V	Kurang dari 60- μ A Current Drain
Pemanasan sensor berkisar, 0.08°C pada udara	Non-Linearity Only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ Typical

2. Device to Gateway Communication

Metode komunikasi *device to gateway* ini merupakan sebuah metode yang menghubungkan antara perangkat dengan *application service provider* biasanya digunakan pada penggunaan *internet of thing* sebagai sistem monitoring. Dalam implementasi sistem ini dapat digunakan model seperti Gambar 2.20.

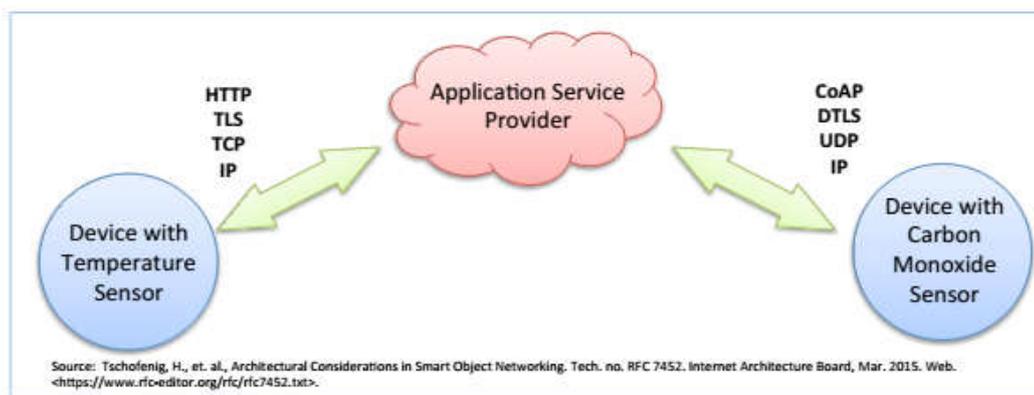


Gambar 2.20. Skema *Device to Gateway Communication*

Komunikasi ini dapat dijelaskan dengan contoh sebagai berikut. Terdapat 2 sensor yang berbeda dan saling dihubungkan menggunakan jaringan nirkabel, kedua sensor ini mengirimkan data pada *coordinator* dimana pada *coordinator* ini menggunakan jaringan WPAN (*Wide Personal Area Network*). Kemudian data yang telah terkumpul pada *coordinator* akan diteruskan pada *application service provider* dimana pada tingkat ini biasanya diterapkan pada database yang kemudian data dari database dapat dipanggil dan direpresentasikan pada grafik yang ada pada web, aplikasi, atau teknologi yang digunakan untuk merepresentasikan data.

3. *Device to Cloud Communication*

Metode komunikasi ini merupakan metode komunikasi yang digunakan oleh perangkat IoT yang terkoneksi langsung pada *Cloud*. Metode komunikasi ini paling populer saat ini di Indonesia seperti contohnya saja Geeknesia, IBM Watson, dll. Mereka menerapkan metode ini untuk mengolah dan merepresentasikan data via *cloud service*. Berikut model komunikasi tersebut digambarkan dalam skema seperti pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21. Skema *Device to Cloud Communication*

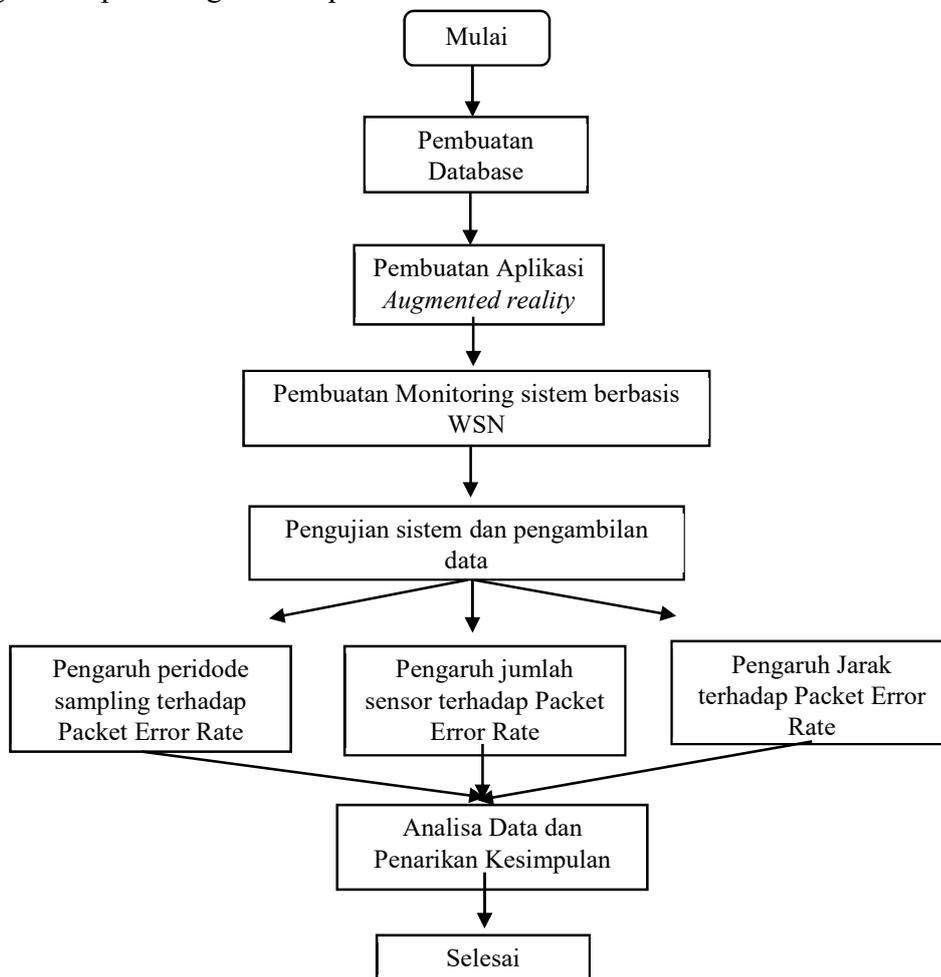
Metode komunikasi tersebut dapat dijelaskan dengan contoh sebagai berikut. Jika terdapat 2 sensor yang masing-masing memiliki *main board* untuk mengolah data ADC dan juga memiliki fitur untuk terkoneksi dengan jaringan internet maka data yang diperoleh dari perangkat tersebut akan dikirimkan pada *cloud* yang dituju biasanya menggunakan API (*Application Program Interface*) untuk mengakses *cloud* ini. Data yang sudah dikirim pada *cloud* ini nantinya akan diolah dan direpresentasikan sesuai *framework* yang ada pada *cloud* tersebut.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Pada tahap ini akan dibangun suatu sistem *augmented reality* monitoring secara realtime berbasis *wireless sensor network* guna untuk mengukur performa masing-masing protokol IEEE 802.14.5 dan juga zigbee serta melakukan studi pengukuran *Packet Error Rate* berdasarkan analisa unjuk kerja sistem. Tahapan dari penelitian yang dilihat pada diagram alir pada Gambar 3.1:

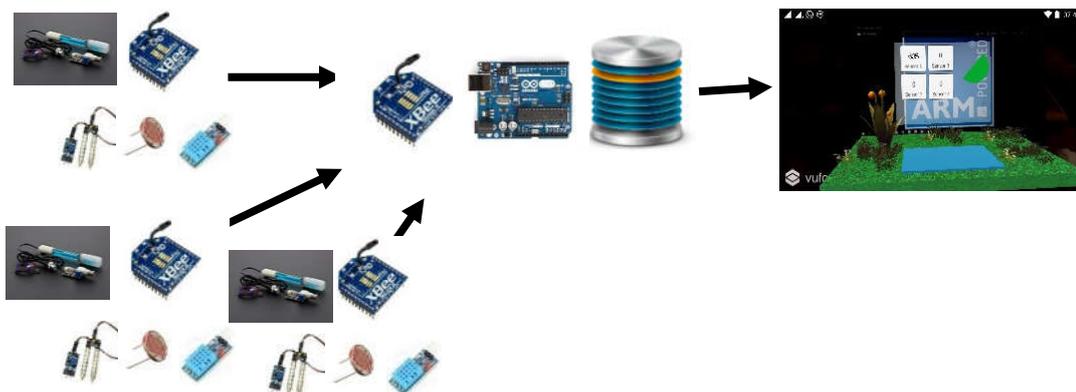


Gambar 3.1. Gambar Diagram Alir Penelitian

Dari diagram alir pada Gambar 3.1, maka tahapan – tahapan yang dilalui dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2. Gambaran Umum Sistem

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah sistem realtime monitoring berbasis *wireless sensor network* dimana hasil dari monitoring ini nantinya akan ditampilkan menjadi objek *augmented reality*. Tahapan kerja sistem ini dimulai dari sensor-sensor yang akan mulai mengambil data analog yang kemudian akan diteruskan pada *node* WSN dimana pada *node* ini data yang diperoleh sensor akan dimasukkan pada sebuah packet dimana struktur paket ini tiap protokol memiliki struktur paket yang berbeda. Setelah data sensor dimasukkan dalam sebuah packet pengiriman protokol selanjutnya akan dikirimkan menuju *coordinator* dimana pada *coordinator* ini akan disediakan 1 buah arduino untuk mendecode packet data tersebut sehingga didapatkan nilai-nilai sensor yang dikirimkan pada *node*. Langkah selanjutnya data yang telah diperoleh akan dilanjutkan pada database menggunakan *ethernet shield* arduino. Setelah data masuk dalam database maka selanjutnya data akan diambil untuk ditampilkan menjadi objek virtual pada aplikasi *augmented reality*. Secara garis besar rancangan sistem ini akan ditunjukkan pada Gambar 3.2 :



Gambar 3.2. Gambar Rancangan Sistem Monitoring

3.3. Pembuatan sistem

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

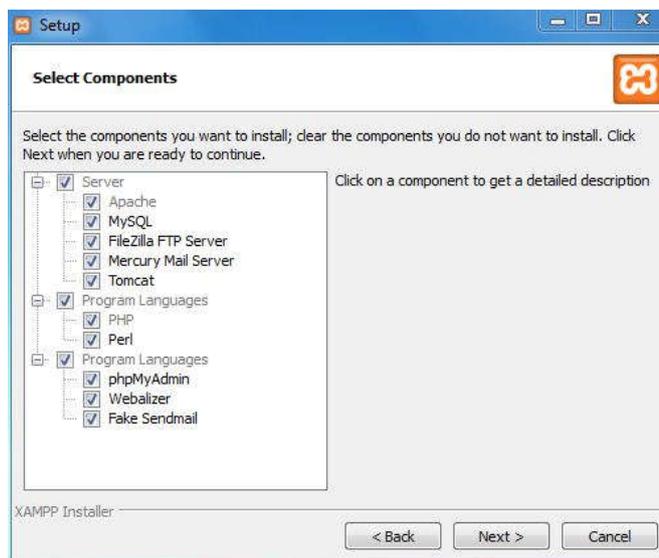
1. Pembuatan database penampung data sensor.
2. Pembuatan aplikasi *augmented reality*.
3. Pembuatan monitoring sistem berbasis WSN.

Berikut akan dijelaskan tahapan – tahapan yang telah disebutkan diatas. Berikut adalah penjabaran dari pembuatan komponen-komponen monitoring sistem media tanam hidroponik berbasis *augmented reality* dengan metode fusion center based topology WSN :

a. Pembuatan database

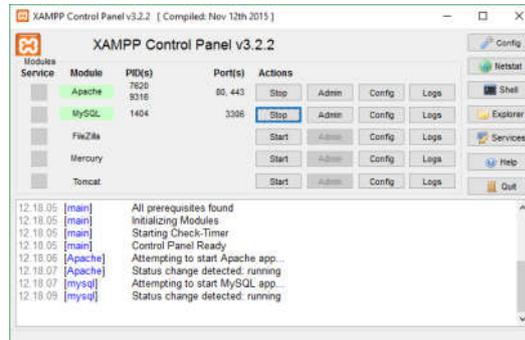
Pada tahapan ini akan dibangun database lokal menggunakan XAMPP untuk membangun database pada komputer. Kemudian setelah pembuatan database maka langkah selanjutnya adalah pembuatan file php untuk menulis dan menampilkan data pada database. Berikut akan diterangkan bagaimana cara pembuatan database lokal menggunakan XAMPP :

1. Download dan install XAMPP software.



Gambar 3.3. Proses Instalasi XAMPP

- Setelah selesai instalasi XAMPP kemudian jalankan apache dan mysql.

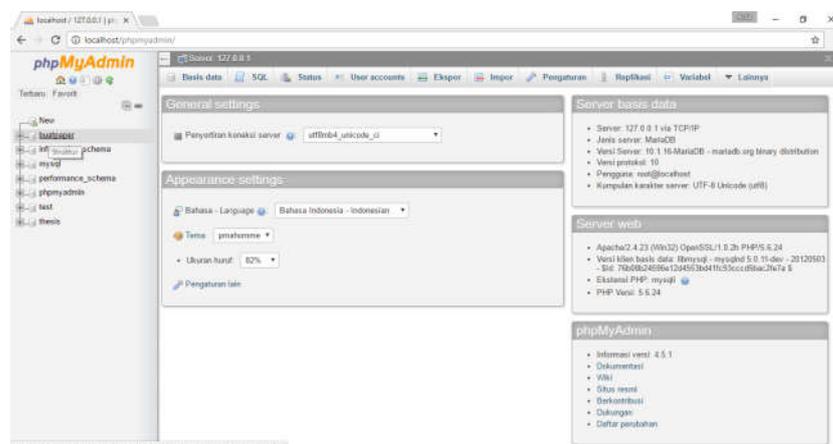


Gambar 3.4 Software XAMPP

- Buka browser kemudian ketik URL <http://localhost/phpmyadmin>. Klik new kemudian buat database dan tabel.

Konfigurasi database

```
CREATE TABLE `thesis`.`sensor` (
  `id` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
  `time` TIMESTAMP NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  `node` VARCHAR( 10 ) NOT NULL
  `value` VARCHAR( 10 ) NOT NULL
  `value2` VARCHAR( 10 ) NOT NULL
  `value3` VARCHAR( 10 ) NOT NULL
  `value4` VARCHAR( 10 ) NOT NULL
)
```



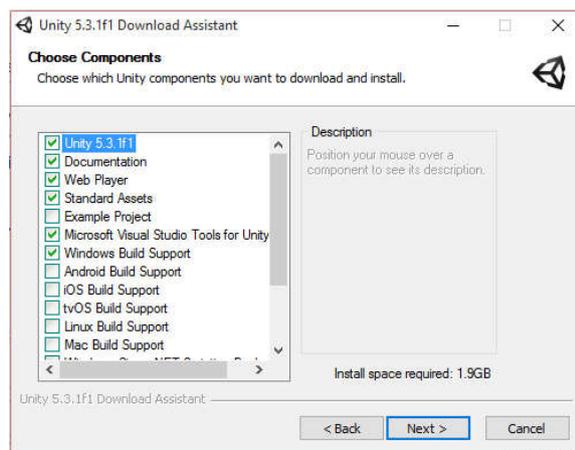
Gambar 3.5 Antarmuka phpmyadmin

- Selanjutnya kita membuat sebuah file php yang berfungsi untuk memasukkan nilai ke database dan juga membuat file php untuk menampilkan data dari database. Program lebih lanjut akan disematkan pada lampiran.

b. Pembuatan aplikasi *augmented reality*

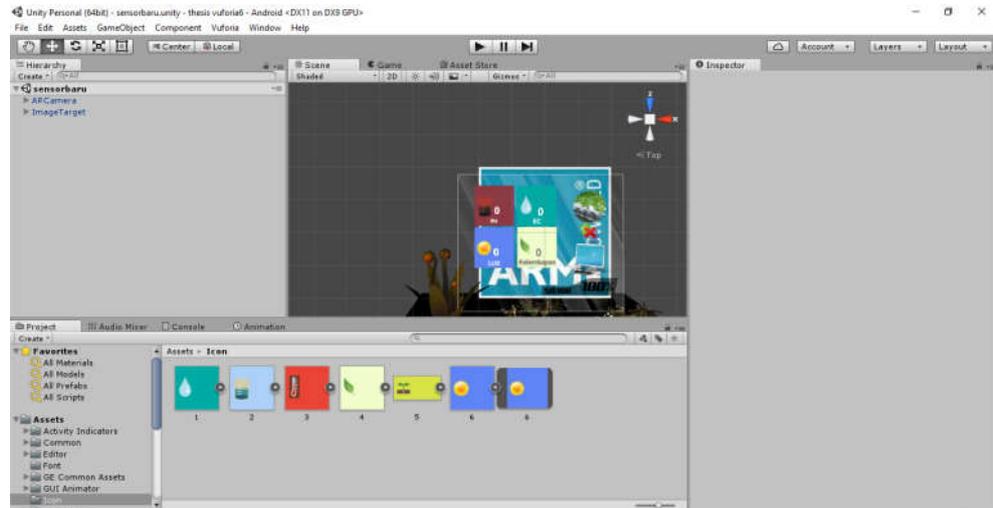
Pada tahapan ini akan dibangun aplikasi *augmented reality* yang nantinya akan dijadikan sebagai representasi dari data yang didapat dari sensor. Adapun dalam pembuatannya yakni menggunakan software unity dan plugins vuforia. Dalam pembuatan aplikasi ini juga disisipi script tambahan yang berfungsi untuk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

- Download dan instalasi unity3d free personal seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 proses instalasi unity 3d

- Setelah itu buka software unity dan kemudian silahkan export plugins vuforia dengan terlebih dahulu mendaftarkan pada web <http://developer.vuforia.com> kemudian download plugin yang diperuntukkan untuk unity3d, hal ini seperti ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Antarmuka software unity

3. Tambahkan script tambahan yang berfungsi untuk mengambil data dari database script tambahan tersebut dapat dilihat pada lampiran. Berikut adalah penggalan script yang berfungsi untuk mengambil data dari database.

```

WWW www = new WWW (alamat);
while(!www.isDone && string.IsNullOrEmpty(www.error))
{
    gameObject.GetComponent<TextMesh> ().text =
    System.Convert.ToString(b); //Menampilkan Progress
    yield return new WaitForSeconds(1);
}
if (string.IsNullOrEmpty (www.error))
{
    b = a + float.Parse (www.text);
    gameObject.GetComponent<TextMesh> ().text=
    System.Convert.ToString(b);
    yield return new WaitForSeconds (0.05F);
} else
{
    Debug.LogWarning (www.error);
    yield return new WaitForSeconds (1);
}

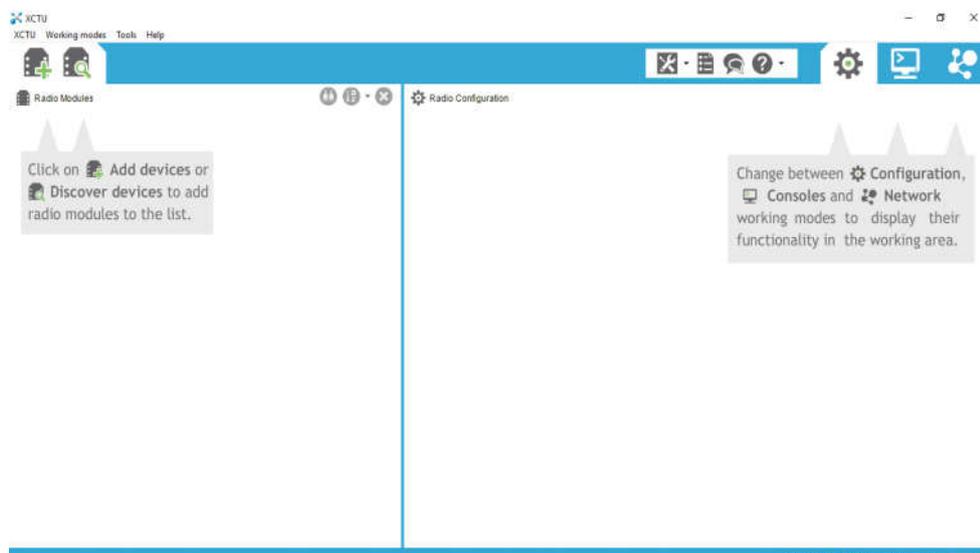
```

4. Build aplikasi yang telah dibuat menjadi format apk yang nantinya akan diinstal pada smartphone yang digunakan untuk monitoring.

c. Pembuatan sistem monitoring berbasis WSN

Pada tahapan ini akan dibangun sistem monitoring berbasis WSN menggunakan arduino dan wsn jenis xbee s1 dan xbee s2 dimana pada bagian ini terdiri dari 2 hardware yakni bertindak sebagai transmitter dan receiver. Pada sisi transmitter dibangun atas sensor dan perangkat wsn xbee s1 dan xbee s2. Dalam hal ini wsn akan mengirimkan data hasil sampling sensor menuju receiver (coordinator). Pada sisi receiver akan dibangun dengan perangkat arduino dan xbee s1 dan xbee s2 dimana data yang diterima akan dilakukan proses pembongkaran (decode) data sehingga didapatkan nilai sensor yang diinginkan. Dari data sensor yang diterima ini selanjutnya akan diteruskan ke database lokal dengan menggunakan ethernet shield. Berikut adalah langkah-langkah untuk pembuatan sistem monitoring berbasis *wireless sensor network*.

1. Sebelum kita membuat sebuah transmitter kita terlebih dahulu mengkonfigurasi xbee terlebih dahulu menggunakan software XCTU seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Antarmuka XCTU

2. Kemudian tambahkan device kemudian setting dengan konfigurasi seperti Tabel 3.1.

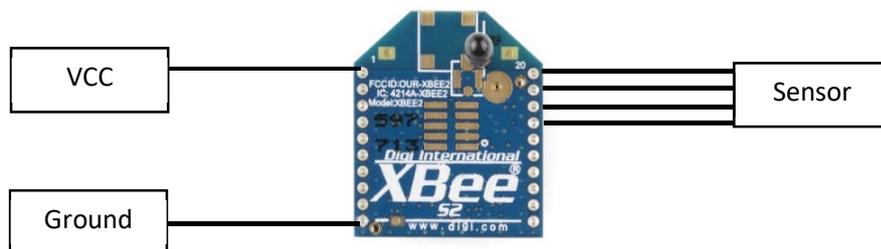
Tabel 3.1. Konfigurasi *Wireless sensor network*

PAN ID	PAN ID harus sama antara <i>node</i> dan coordinator
Destination Address Low	10 (berbanding terbalik dengan <i>coordinator</i> dan <i>node</i>)
16 bit-Source Addresses	11 (berbanding terbalik dengan <i>coordinator</i> dan <i>node</i>)
DIO0 – DIO4	ADC
API enabled	API enabled W/PPP

3. Setelah kita mengkonfigurasi WSN maka akan dirakit seperti skema dibawah ini. Skema sistem akan ditunjukkan pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10.

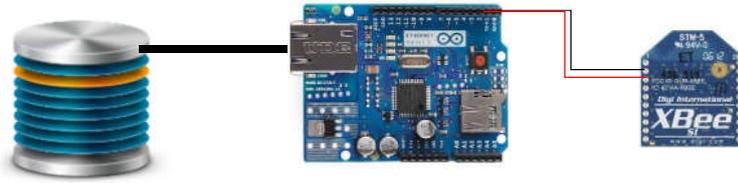


Gambar 3.9 Skema Transmitter menggunakan XBEE S1



Gambar 3.10 Skema Transmitter Menggunakan XBEE S2

4. Pada receiver akan digunakan *wireless sensor network* dan Arduino. Berikut adalah skema receiver untuk menerima data dari *node* yang telah terpasang sensor yang ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Skema Receiver Sistem

- Setelah semua terpasang langkah berikutnya adalah memberikan sebuah program pada arduino agar bisa mendecode packet karena pada penelitian ini peneliti menggunakan 2 jenis protokol yang berbeda maka berikut adalah penggalan dari kode program untuk mengambil nilai yang diperlukan peneliti yakni alamat *node*, dan data sensor.

```

if (Serial.available() >=24) {
    if (Serial.read() == 0x7E) {
        for (int i = 1; i < 11; i++){
            byte discardByte = Serial.read();
        }
        int analogMSB = Serial.read();
        int analogLSB = Serial.read();
        int analogReading = analogLSB + (analogMSB *
256);
        int analogMSB2 = Serial.read();
        int analogLSB2 = Serial.read();
        int analogReading2 = analogLSB2 + (analogMSB2 *
256);
        int analogMSB3 = Serial.read();
        int analogLSB3 = Serial.read();
        int analogReading3 = analogLSB3 + (analogMSB3 *
256);
        int analogMSB4 = Serial.read();
        int analogLSB4 = Serial.read();
        int analogReading4 = analogLSB4 + (analogMSB4 *
256);
    }
}

```

Untuk protokol zigbee adalah

```
if (Serial.available() >=24) {  
  
    if (Serial.read() == 0x7E) {  
        for (int i = 1; i < 19; i++){  
            byte discardByte = Serial.read();  
        }  
        //untuk mendecode API Xbee S2  
        int analogMSB = Serial.read();  
        int analogLSB = Serial.read();  
        int analogReading = analogLSB + (analogMSB *  
256);  
        int analogMSB2 = Serial.read();  
        int analogLSB2 = Serial.read();  
        int analogReading2 = analogLSB2 + (analogMSB2 *  
256);  
        int analogMSB3 = Serial.read();  
        int analogLSB3 = Serial.read();  
        int analogReading3 = analogLSB3 + (analogMSB3 *  
256);  
    }  
}
```

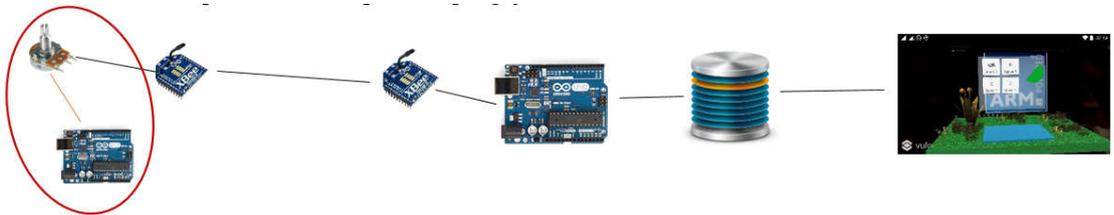
Kemudian setelah semua terpasang dengan baik maka akan langsung diujicobakan dengan menjalankan software coolterm untuk merekam data serial dan membandingkan data transmitter dan receiver untuk mendapatkan data *Packet Error Rate*.

3.4. Skenario dan Pengujian Sistem

Setelah sistem selesai dibangun maka langkah selanjutnya adalah menguji coba dan juga pengambilan data sistem, data yang akan diambil adalah *Packet Error Rate* (PER). Dalam pengambilan data maka akan dilakukan beberapa tes dan pengambilan data sebelum diimplementasikan pada kebun sayur hidroponik.

1. Periode sampling.

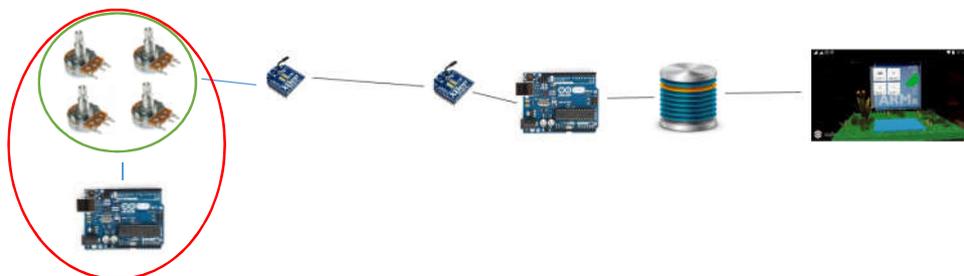
Pada pengujian sistem WSN ini akan dilakukan pengujian terhadap sistem dimana pada *node* akan dipasang sebuah potensiometer kemudian data akan dikirim ke *coordinator* kemudian akan langsung dibaca tanpa dikoneksikan pada database. Pada skenario ini variabel yang dirubah adalah sampling io rate, dan jumlah sensor yang digunakan kemudian data transmitter dan receiver akan diolah sehingga dapat menghasilkan *Packet Error Rate* (PER) dari total satu kali transmisi. Skema pengujian sistem dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Skema Pengujian skenario 1

2. Jumlah Sensor

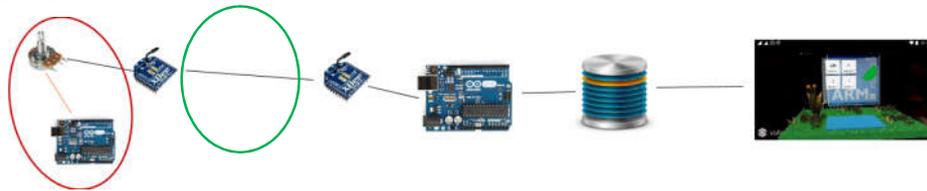
Pada pengujian pada skenario ini secara garis besar sama dengan skenario 1 namun pada pengujian kali ini setelah data diterima pada *coordinator* akan dilanjutkan pada database. Pada skenario ini variabel yang dirubah adalah sampling io rate, dan jumlah sensor yang digunakan kemudian data transmitter dan receiver akan diolah sehingga dapat menghasilkan *Packet Error Rate* (PER) dari total satu kali transmisi. Skema pengujian sistem seperti ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13. Skema Pengujian skenario 2

3. Jarak

Pada pengujian skenario 3 sama halnya dengan pengujian skenario 1 dan skenario 2 namun pada skenario 3 data yang sudah tersimpan di database akan dilanjutkan untuk ditampilkan pada objek *augmented reality*. Kemudian akan dicari apakah data yang terkirim sudah sampai dengan sempurna pada aplikasi *augmented reality* yang telah dibuat. Pada pengujian jarak ini akan dilakukan dalam kondisi LOS (Line of Sight) dan NLOS (Non Line of Sight). Skema pengujian sistem seperti ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14. Skema pengujian skenario 3

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan ditampilkan implementasi dan hasil dari pengujian yang dilakukan pada sistem yang telah dibangun menggunakan metode dan skenario berdasarkan pada bab tiga berikut hasil dan pemaparannya.

4.1. Implementasi dan Pengujian Sistem.

Langkah awal dari penelitian ini adalah melakukan implementasi Sistem Realtime *Augmented reality* Monitoring untuk media tanam hidroponik dengan cara melakukan pembuatan sistem. Pembuatan sistem ini terbagi menjadi 3 bagian yakni pembuatan database, pembuatan aplikasi monitoring berbasis *Augmented reality* dan yang terakhir membuat sistem monitoring yang dibuat dengan 2 jenis tipe WSN yakni : Xbee S1 dengan protokol IEEE 802.15.4 dan Xbee S2 dengan protokol Zigbee. Langkah-langkah dalam konfigurasi sistem dijelaskan pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 :



Gambar 4.1. *Node* AR Realtime Monitoring System



Gambar 4.2. *Coordinator* AR Realtime Monitoring System



Gambar 4.3. aplikasi AR Realtime Monitoring System

4.1.1. Pengujian Pengiriman data dari sensor *node* ke coordinator

Untuk pengujian pengiriman data adc dari *node* ke *coordinator* dengan mode API dilakukan dikarenakan untuk menguji apakah sistem yang telah dibangun sudah berjalan baik atau tidak.

Tabel 4.1. Pengujian sistem dengan protokol IEEE 802.14.5

Node 1	Node 2	Coordinator		Status
		Node 1	Node 2	
7E 00 10 83 00 00 44 00 01 10 00 03 FF 25	7E 00 10 83 00 32 44 00 01 10 00 03 FF 25	7E 00 10 83 00 00 44 00 01 10 00 03 FF 25	7E 00 10 83 00 32 44 00 01 10 00 03 FF 25	Berhasil
7E 00 10 83 00 00 44 00 01 10 00 02 00 25	7E 00 10 83 00 32 44 00 01 10 00 02 00 25	7E 00 10 83 00 44 00 01 10 00 02 00 25	7E 00 10 83 00 32 44 00 01 10 00 02 00 25	Berhasil
7E 00 10 83 00 00 44 00 01 10 00 00 00 25	7E 00 10 83 00 32 44 00 01 10 00 00 00 25	7E 00 10 83 00 44 00 01 10 00 00 00 25	7E 00 10 83 00 32 44 00 01 10 00 00 00 25	Berhasil

Pengujian diatas mencoba mengirim packet data dengan format frame data pada protokol IEEE 802.14.5 dengan keterangan sebagai berikut

7E 00 10 83 00 10 32 00 01 1E 00 00 1B

7E = Start

00 10 = Length

83 = API Frame

00 10 = 16 bit address

32 = RSSI

00 01 = Options

1E = Samples

00 00 = ADC (1)

1B = Checksum

Dari data diatas dapat di simpulkan bahwa nilai yang terkirim dapat diterima dengan baik oleh coordinator. Selanjutnya akan diuji juga sistem yang telah dibuat dengan menggunakan protokol zigbee Tabel 4.2 adalah tabel hasil pengujian dengan protokol zigbee.

Tabel 4.2. Pengujian sistem dengan protokol Zigbee

Node 1	Node 2	Coordinator		Status
		Node 1	Node 2	
7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D7 42 B9 8F 01 01 00 00 03 03 FF C1	7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D0 42 B9 8F 01 01 00 00 03 03 FF C1	7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D7 42 B9 8F 01 01 00 00 03 03 FF C1	7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D0 42 B9 8F 01 01 00 00 03 03 FF C1	Berhasil
7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D7 42 B9 8F 01 01 00 00 03 02 00 C1	7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D0 42 B9 8F 01 01 00 00 03 02 00 C1	7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D7 42 B9 8F 01 01 00 00 03 02 00 C1	7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D0 42 B9 8F 01 01 00 00 03 02 00 C1	Berhasil
7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D7 42 B9 8F 01 01 00 00 03 00 00 C1	7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D0 42 B9 8F 01 01 00 00 03 00 00 C1	7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D7 42 B9 8F 01 01 00 00 03 00 00 C1	7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D0 42 B9 8F 01 01 00 00 03 00 00 C1	Berhasil

Pengujian diatas mencoba mengirim packet data dengan frame data protokol zigbee dengan keterangan sebagai berikut

7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D7 42 B9 8F 01 01 00 00 03 01 C0 C1

7E = Header

00 14 = Length

92 = Frame Type

00 13 A2 00 40 8A D7 42 = 64-bit Addresses

B9 8F = 16-bit Addresses

01 = Receive Options

01 = Number of Samples

00 00 = Digital Channel Mask

03 = Analog Channel Mask

01 C0 = Nilai Analog 1

C1 = Checksum

4.1.2. Pengujian Sistem Monitoring *Augmented reality*

Setelah kita menguji pengiriman dan penerimaan data dari *node* ke *coordinator* maka selanjutnya kita akan membuat sebuah server dengan menggunakan arduino untuk mendecode packet data yang dikirim memasukkan nilai dari sensor ke database berikut pengujian data dimulai dari *node* kemudian ke arduino dan dilanjutkan ke database.

Tabel 4.3 Tabel Pengujian Decode Packet dari *node* ke database menggunakan protokol IEEE 802.14.5

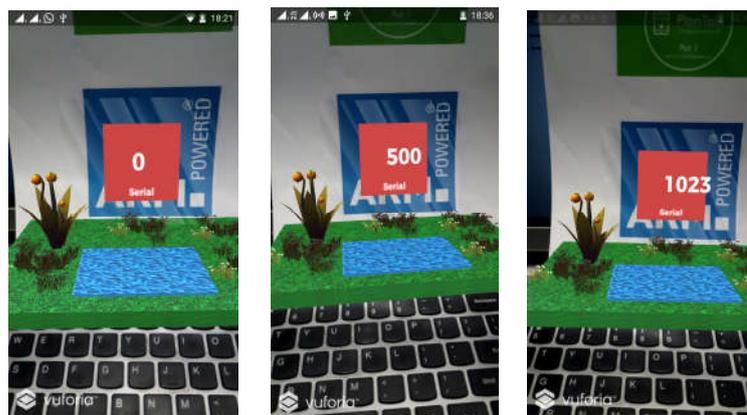
<i>Node</i>	Server (Arduino)	Database
7E 00 10 83 00 00 44 00 01 10 00 03 FF 25	1023	1023
7E 00 10 83 00 00 44 00 01 10 00 02 00 25	500	500
7E 00 10 83 00 00 44 00 01 10 00 00 00 25	0	0

Berikutnya akan diujikan dengan skema yang sama namun pada kali ini kita mencoba pada protokol yang berbeda yakni menggunakan protokol zigbee. Tabel 4.4 adalah hasil dari pengujian protokol zigbee dari *node* ke database.

Tabel 4.4 Tabel Pengujian Decode Packet dari *node* ke database menggunakan protokol Zigbee

<i>Node</i>	Server (Arduino)	Database
7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D7 42 B9 8F 01 01 00 00 03 03 FF C1	1023	1023
7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D7 42 B9 8F 01 01 00 00 03 02 00 C1	500	500
7E 00 14 92 00 13 A2 00 40 8A D7 42 B9 8F 01 01 00 00 03 00 00 C1	0	0

Berdasarkan Tabel 4.4 adalah hasil dari pengujian sistem server dalam mendecode packet dan melanjutkannya dengan memasukkan ke database selanjutnya akan diujikan bagaimana nilai tersebut dapat ditampilkan pada aplikasi *augmented reality*. Gambar 4.4 adalah screenshot tampilan *augmented reality* yang telah dibangun.



Gambar 4.4. Gambar Aplikasi *Augmented reality* Monitoring System

4.1.3. Pengujian Sensor PH, Soil Moisture, Cahaya dan Suhu

Pada pengujian kali ini sensor yang telah dirakit pada sistem akan diuji cobakan dengan cara membandingkan hasil pengukuran sensor dengan hasil pengukuran menggunakan perangkat pengukuran konvensional. Berikut adalah hasil kalibrasi sensor yang dibandingkan dengan perangkat pengukuran konvensional.

a. PH Sensor

Pada PH sensor ini pengujian dilakukan dengan 3 jenis cairan yang berbeda untuk air, nutrisi hidroponik, larutan asam. Ketiga jenis air ini akan diukur menggunakan sensor PH dan juga perangkat pengukur PH konvensional dan tabel 4.5 adalah tabel pengukuran.

Tabel 4.5 Pengukuran PH

No	Jenis Cairan	Alat Ukur Konvensional	Sensor PH	Kesalahan
1	Air	6,80	7	2%
2	Nutrisi	5,4	5,65	3,5%
3	Air sabun	8	8,25	3,5%

Pada tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran menggunakan sensor dan alat ukur konvensional hasilnya tidak jauh berbeda rata-rata kesalahan pembacaannya adalah sekitar 3,33%.

b. Soil Moisture Sensor

Pada soil moisture ini pengujian dilakukan pada 3 jenis air yang berbeda cairan pertama adalah air biasa, kedua adalah air yang diberi nutrisi ketiga adalah air yang telah dicampur larutan asam kemudian dengan soil moisture akan dilihat berapa kadar EC yang terkandung dalam ketiga air tersebut seperti ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Pengukuran kadar EC

No	Jenis Cairan	Alat Ukur Konvensional	Soil Moisture	Kesalahan
1	Air	1,2087	1,35	2,01%
2	Air + Nutrisi	1,5874	1,64	0,75%
3	Air + Sabun	1,9542	2,10	2,08%

Dari tabel 4.6. dapat disimpulkan bahwa sensor yang telah dibuat pada sistem memiliki nilai yang hampir sama dengan alat ukur konvensional. Rata-rata kesalahan yang muncul adalah sekitar 1,617% sehingga dapat sensor dapat digunakan untuk pengukuran EC pada media tanam hidroponik.

c. Sensor Cahaya

Pada pengujian sensor cahaya kali ini akan diujikan tingkat intensitas cahaya dengan satuan LUX dimana pada sensor cahaya ini akan dibandingkan dengan aplikasi pengukur cahaya yang ada pada android dengan aplikasi lux meter.

Tabel 4.7 Pengukuran Intensitas Cahaya

No	LUX meter	Sensor Cahaya	Kesalahan
1	100	103	2,9%
2	80	82	2,4%
3	75	75,2	1,3%

Pada tabel 4.7 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa selisih dari pengukuran aplikasi dan sensor memiliki rata-rata kesalahan sekitar 2,2% sehingga sistem dapat digunakan dalam pengukuran.

d. Sensor Suhu

Pada pengujian sensor suhu kali ini akan diujikan tingkat suhu dengan satuan *Celcius* dimana sensor suhu akan dibandingkan dengan thermometer ruangan dalam pengukuran kali ini akan digunakan 3 ruang yakni dalam ruangan, luar ruangan, dan dalam ruangan ber AC. Tabel 4.8 adalah hasil pengukuran yang telah dilakukan.

Tabel 4.8 Pengukuran Sensor LM35

No	Ruangan	Thermometer	Sensor Suhu	Kesalahan
1	Dalam ruangan	28°C	28,7°C	2,4%
2	Luar Ruangan	30°C	29,5°C	1,6%
3	Ruangan Ber AC	22°C	22,4°C	1,7%

Pada tabel 4.8 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil pengukuran thermometer manual dan sensor suhu tidak menunjukkan kesalahan yang signifikan hal ini dibuktikan dengan tingkat kesalahan pembacaan sensor 1,96%. Sehingga sistem yang telah dirancang dapat diterapkan pada pengukuran dilapangan.

4.2. Pengujian Periode Sampling terhadap *Packet Error Rate*

Pada pengujian skenario 1 ini akan diambil total *Packet Error Rate* yang terjadi selama pengujian sistem dimana pengujian sistem ini seperti yang ditunjukkan pada skema pada bab 3. Tiap sistem akan diujikan selama 4 kali dengan periode sampling yang berbeda. Tabel 4.9 adalah konfigurasi percobaan sistem.

Tabel 4.9 Konfigurasi percobaan

Protokol	IEEE 802.14.5
Jumlah Sensor	1
Topologi	Single Hop
Pembacaan	Tegangan (V)
Daya	3.3 V
Vref	3.3 V

Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu peneliti ingin melihat selisih data asli dan data setelah dikirim menggunakan protokol IEEE 802.14.5 maka didapatkan hasil seperti Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Tabel selisih data pembacaan ADC dengan data yang dikirim menggunakan protokol IEEE 802.14.5

Periode sampling	Data ADC	Transmitter	Receiver	Kesalahan dalam (%)
50 ms	832	832	832	0%
	823	823	823	0%
	823	823	823	0%
	815	815	815	0%
	815	815	815	0%
	798	798	798	0%
	782	782	782	0%
	773	773	773	0%
	757	757	757	0%
100 ms	166	166	166	0%
	366	366	366	0%
	482	482	482	0%
	549	549	549	0%
	566	566	566	0%
	566	566	566	0%
	566	566	566	0%
	591	591	591	0%
	665	665	665	0%
500 ms	133	133	133	0%
	258	258	258	0%
	358	358	358	0%
	699	699	699	0%
	840	840	840	0%
	998	998	998	0%
	965	965	965	0%
	981	981	981	0%
	981	981	981	0%
1000 ms	258	258	258	0%
	516	516	516	0%
	757	757	757	0%
	1023	1023	1023	0%
	998	998	998	0%
	1023	1023	1023	0%
	1023	1023	1023	0%

Periode sampling	Data ADC	Transmitter	Receiver	Kesalahan dalam (%)
	1023	1023	1023	0%
	1023	1023	1023	0%

Dari tabel 4.11 maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada data yang mengalami kesalahan antara data ketika diukur manual dan setelah dikirim. Tabel 4.10 adalah tabel hubungan antara *Packet Error Rate* dengan Periode sampling yang dikonfigurasi pada *wireless sensor network* dengan protokol IEEE 802.14.5.

Tabel 4.10. Tabel Pengukuran *Packet Error Rate* Protokol IEEE 802.14.5

No	Periode sampling	<i>Packet Error Rate</i> (Device to Device Communication)		Throughput	<i>Packet Error Rate</i> (Device to Gateway Communication)		Throughput
		<i>Node 1</i>	<i>Node 2</i>		<i>Node 1</i>	<i>Node 2</i>	
1	50 ms	78%	76%	820 bps	76,5%	78,5%	697 bps
2	100 ms	20,3%	21,4%	410 bps	52,3%	50,5%	328 bps
3	500 ms	0%	0%	82 bps	3%	2%	82 bps
4	1000 ms	0%	0%	41 bps	0%	0%	41 bps

Dari tabel 4.10 dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin kecil periode sampling maka semakin besar *Packet Error Rate* yang terjadi hal ini dikarenakan pada sisi *coordinator* arduino melakukan decode packet dimana hal ini membutuhkan waktu decode sehingga bahwa pada perangkat xbee s1 memiliki kemampuan periode sampling yang terbatas dikarenakan daya yang digunakan pada xbee s1 juga terbatas yakni hanya 3,3 V. Hal yang sama ditunjukkan pada pengujian yang dimulai dari *node* hingga database.

Selanjutnya penelitian dilanjutkan dengan mengganti perangkat xbee s2 yang menggunakan dengan protokol zigbee. Pada pengujian ini sedikit berbeda dengan pengujian yang dilakukan menggunakan xbee s1 hal ini dikarenakan V_{ref} yang digunakan pada xbee s2 adalah 1,2 Volt tanpa bisa dirubah hal ini berdasarkan dengan

datasheet yang dikeluarkan oleh DIGI, perusahaan yang mengeluarkan produk XBEE S2. Gambar 4.5 adalah datasheet dan konfigurasi sistem yang akan dilakukan pengujian dan juga datasheet yang menyatakan xbee s2 hanya menggunakan Vref 1,2 Volt.

Tabel 4.12 Konfigurasi percobaan

Protokol	Zigbee
Jumlah Sensor	1
Topologi	Single Hop
Pembacaan	Tegangan (V)
Daya	3.3 V
Vref	1.2 V

<i>XBee</i>	<i>ADC input voltage</i>
802.15.4, DigiMesh 2.4	*VREF pin; min: 2.08V, max: VCC (3.3V)
XBee-Pro 900, XBee-Pro 868	*VREF pin; min: 2.6V, max: VCC (3.3V)
ZigBee	1.2V fixed
900HP, XBee 868LP/865LP, Wi-Fi	AV parameter, 1.25V or 2.5V

Gambar 4.5. Tabel Vref yang digunakan pada produk Xbee

Dari tabel 4.12 maka pengambilan data untuk XBEE S2 ini digunakan 3 jenis data yakni jumlah serial adc, data dikirim dan data diterima hal ini diperuntukkan untuk menghitung selisih data asli yang dikirim dengan data yang telah dipaket dan dikirimkan. Tabel 4.11 adalah tabel hasil pengukuran.

Tabel 4.13. Tabel selisih data pembacaan ADC dengan data yang dikirim menggunakan zigbee protokol

Periode sampling	Data ADC	Transmitter	Receiver	Kesalahan dalam (%)
50 ms	832	1023	1023	18,70
	823	1023	1023	19,51
	823	1023	1023	19,51
	815	1023	1023	20,33
	815	1023	1023	20,33

Periode sampling	Data ADC	Transmitter	Receiver	Kesalahan dalam (%)
	798	1023	1023	21,95
	782	1023	1023	23,58
	773	1023	1023	24,39
	757	1023	1023	26,02
100 ms	166	208	208	4,07
	366	873	873	49,59
	482	1023	1023	52,85
	549	1023	1023	46,34
	566	1023	1023	44,72
	566	1023	1023	44,72
	566	1023	1023	44,72
	591	1023	1023	42,28
	665	1023	1023	34,96
500 ms	133	266	266	13,01
	258	674	674	40,65
	358	907	907	53,66
	699	1023	1023	31,71
	840	1023	1023	17,89
	998	1023	1023	2,44
	965	1023	1023	5,69
	981	1023	1023	4,07
	981	1023	1023	4,07
1000 ms	258	491	491	22,76
	516	1023	1023	49,59
	757	1023	1023	26,02
	1023	1023	1023	0,00
	998	1023	1023	2,44
	1023	1023	1023	0,00
	1023	1023	1023	0,00
	1023	1023	1023	0,00
	1023	1023	1023	0,00

Dari tabel 4.13 maka dapat disimpulkan bahwa ada selisih data yang dibaca menggunakan arduino dan data yang dikirim hal ini dikarenakan Tegangan referensi (V_{ref}) yang digunakan berbeda sehingga menyebabkan perbedaan nilai yang dibaca langsung dengan data yang telah dikirim dan diterima. Data diatas merupakan sample

yang diambil dari masing-masing sampling io rate sehingga juga didapatkan rata-rata kesalahan sebesar 23,3%. Setelah mengetahui selisih dari pembacaan data ini maka selanjutnya akan dilakukan pengujian untuk *Packet Error Rate* di tiap Periode sampling. *Packet Error* ini dikatakan jika pada sisi transmitter dan receiver ditemukan nilai yang berbeda. Tabel 4.12 adalah hasil dari pengukuran *Packet Error Rate* (PER) pada protokol zigbee.

Tabel 4.14. Tabel Pengukuran *Packet Error Rate* Protokol Zigbee

No	Periode sampling	<i>Packet Error Rate</i> (Device to Device Communication)		Throughput	<i>Packet Error Rate</i> (Device to Gateway Communication)		Throughput
		<i>Node 1</i>	<i>Node 2</i>		<i>Node 1</i>	<i>Node 2</i>	
		1	50 ms		0%	0%	
2	100 ms	0%	0%	410 bps	2%	2%	328 bps
3	500 ms	0%	0%	82 bps	1%	1%	82 bps
4	1000 ms	0%	0%	41 bps	0%	0%	41 bps

Dari tabel 4.14 dapat disimpulkan bahwa *Packet Error Rate* yang dihasilkan oleh protokol zigbee hampir dibawah 3% hal ini dikarenakan pada protokol zigbee telah dilakukan penyempurnaan pada protokol hal ini terlihat dengan tegangan referensi yang tidak bisa dirubah dan juga fungsi dari protokol zigbee yang semakin banyak dibandingkan dengan protokol IEEE 802.14.5. Dengan hasil pengujian *Packet Error Rate* diatas maka dapat dikatakan bahwa protokol zigbee lebih baik dalam pengiriman data hal ini dibuktikan dengan sedikitnya *Packet Error* yang terjadi.

4.3. Jumlah Sensor

Pada pengujian kali ini akan dicoba pengaruh jumlah sensor terhadap *Packet Error Rate* baik pada protokol IEEE 802.14.5 dan Zigbee. Pada pengujian ini akan digunakan Periode sampling mulai dari 50 ms - 1000 ms. Tabel 4.15 adalah tabel hubungan antara *Packet Error Rate* dengan Jumlah Sensor yang dikonfigurasi pada *wireless sensor network* dengan protokol IEEE 802.14.5.

Tabel 4.15. Tabel Pengukuran *Packet Error Rate* Protokol IEEE 802.14.5

No	Jumlah Sensor	<i>Packet Error Rate</i> (Device to Device Communication)				<i>Packet Error Rate</i> (Device to Gateway Communication)			
		50 ms	100 ms	500 ms	1000 ms	50 ms	100 ms	500 ms	1000 ms
1	1 Sensor	78%	20,3%	0%	0%	76,5%	52,3%	3%	0%
2	2 Sensor	78,5%	20%	1%	0%	78%	35,4%	3%	0%
3	3 Sensor	80%	23%	1%	1%	80%	36,4%	3%	1%
4	4 Sensor	82%	25%	1%	1%	85%	37%	3%	2%

Dari Tabel 4.15 dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin banyak jumlah sensor yang ditambahkan pada wsn maka semakin besar pula *Packet Error Rate* yang muncul hal ini dikarenakan selain jumlah data yang dikirim besar juga keterbatasan daya dan juga processor yang digunakan *wireless sensor network* sehingga mengakibatkan banyaknya *Packet Error Rate* yang terjadi. Untuk pengiriman packet data mulai dari *node* menuju database *Packet Error Rate* yang terjadi juga semakin besar hal ini dikarenakan selain *coordinator* menerima data dari receiver *coordinator* juga melakukan decode packet yang kemudian hasil dari sensor dilanjutkan pada database hal ini juga salah satu faktor yang menyebabkan bertambahnya *Packet Error Rate*.

Dapat kita lihat pada protokol IEEE 802.14.5 ketika periode sampling dikonfigurasi dibawah 500 ms masih terdapat banyak packet error.

Selanjutnya penelitian dilanjutkan dengan mengganti perangkat xbee s2 protokol tersebut dengan protokol zigbee. Tabel 4.16 adalah hasil dari pengukuran *Packet Error Rate* (PER) pada protokol zigbee.

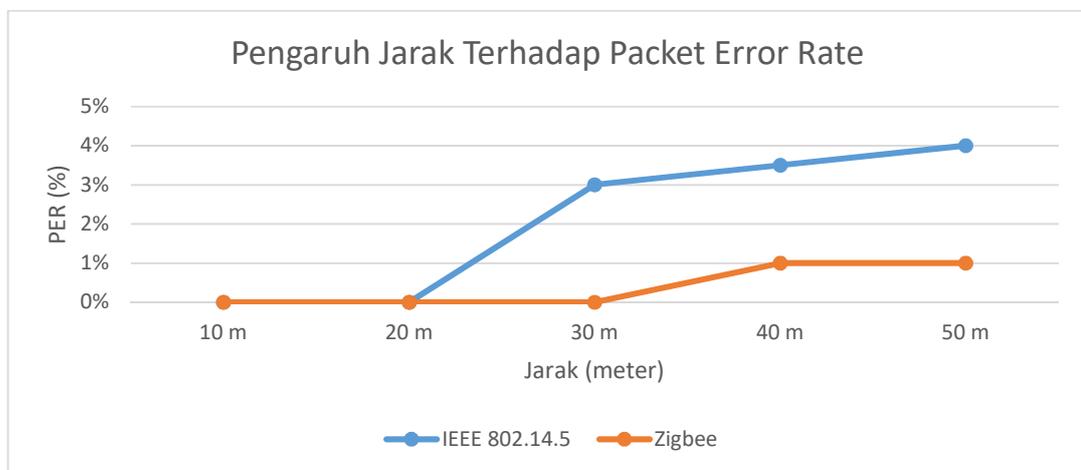
Tabel 4.16. Tabel Pengukuran *Packet Error Rate* Protokol Zigbee

No	Jumlah Sensor	<i>Packet Error Rate</i> (Device to Device Communication)				<i>Packet Error Rate</i> (Device to Gateway Communication)			
		50 ms	100 ms	500 ms	1000 ms	50 ms	100 ms	500 ms	1000 ms
1	1 Sensor	0%	0%	1%	0%	0%	2%	1%	0%
2	2 Sensor	0%	0%	1%	0%	0%	2%	1%	0%
3	3 Sensor	1%	1%	1%	0%	1%	2%	2%	0%
4	4 Sensor	1%	1%	1%	0%	1%	2%	2%	0%

Dari Tabel 4.16 dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin banyak jumlah sensor yang ditambahkan pada wsn maka semakin besar pula *Packet Error Rate* yang muncul hal ini dikarenakan selain jumlah data yang dikirim besar juga keterbatasan daya dan juga processor yang digunakan *wireless sensor network* sehingga mengakibatkan banyaknya *Packet Error Rate* yang terjadi, meski demikian nilai *Packet Error Rate* yang terjadi tidak ada yang melebihi ambang 1% pada komunikasi point to point dan tidak lebih dari 2% untuk komunikasi *node* menuju database. Hal ini membuktikan bahwa pada protokol zigbee pengiriman data memang telah banyak dilakukan penyempurnaan sehingga *Packet Error Rate* bisa dikatakan hampir tidak ada meski jumlah sensor ditambahkan sampai 4 sensor.

4.4. Pengaruh Jarak

Pada pengujian kali ini akan diicoba pengaruh jarak terhadap *Packet Error Rate* baik pada protokol IEEE 802.14.5 dan Zigbee. Pada pengujian ini akan digunakan periode sampling 1000 ms. Gambar 4.6 adalah tabel hubungan antara *Packet Error Rate* terhadap jarak pada *wireless sensor network* dengan protokol IEEE 802.14.5 dan Zigbee. Gambar 4.6 adalah pengukuran pengaruh jarak terhadap *Packet Error Rate* dalam kondisi Line of Sight (LOS).



Gambar 4.6. Grafik Pengukuran *Packet Error Rate* Terhadap Jarak Kondisi LOS

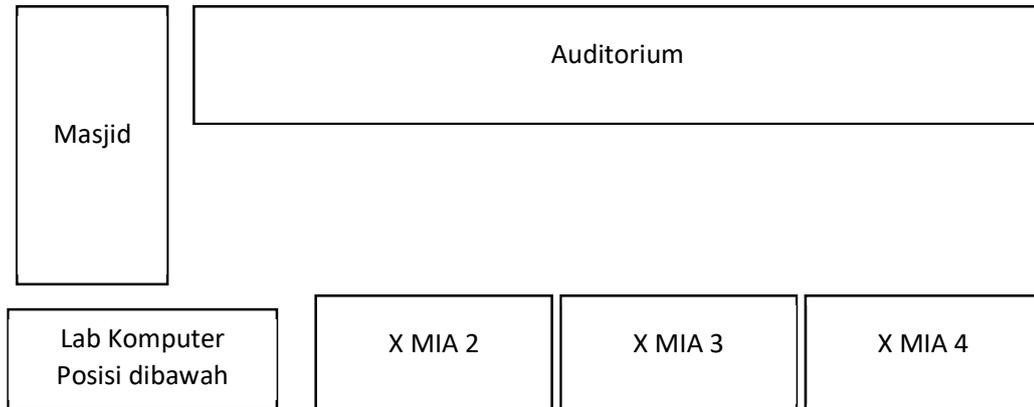
Pada Gambar 4.6 maka dapat disimpulkan bahwa semakin jauh peletakan *node* maka semakin besar pulan *Packet Error Rate* yang muncul hal ini dikarenakan data yang dikirimkan dimungkinkan terjadi propagasi dan juga terkena noise. Namun tingkat *Packet Error Rate* kedua protokol ini berbeda protokol IEEE 802.14.5 memiliki banyak *Packet Error Rate* dibandingkan dengan protokol zigbee. Hal ini dimungkinkan dikarenakan pada protokol zigbee memiliki banyak perbaikan dibandingkan dengan protokol IEEE 802.14.5.

Selanjutnya akan dilanjutkan dengan pengujian menggunakan kondisi NLOS dimana pengujian ini dilakukan pada MAN Sidoarjo dimana pengujian kondisi NLOS ini dilakukan di kelas yang telah ditentukan. Tabel 4.17 adalah hasil pengukuran *Packet Error Rate* dalam kondisi NLOS.

Tabel 4.17. Pengukuran Packet Error terhadap Jarak dalam Kondisi NLOS

No	Node	Coordinator	Jarak	Protokol	Status	PER
1	Kelas X MIA 2	Kelas X MIA 3	10 m	IEEE 802.14.5	Terkirim	5%
2	Kelas X MIA 2	Kelas X MIA 4	20 m		Tidak Terkirim	
3	Kelas X MIA 2	Masjid	25 m		Terkirim	30%
4	Kelas X MIA 2	Lab Komputer	4 m		Tidak Terkirim	
5	Kelas X MIA 2	Kelas X MIA 3	10 m	Zigbee	Terkirim	2%
6	Kelas X MIA 2	Kelas X MIA 4	20 m		Tidak Terkirim	
7	Kelas X MIA 2	Masjid	25 m		Terkirim	35%
8	Kelas X MIA 2	Lab Komputer	4 m		Tidak Terkirim	

Dari tabel 4.17 dapat disimpulkan bahwa *wireless sensor network* baik yang menggunakan protokol IEEE 802.14.5 dan Zigbee tidak bisa menembus beton dan tembok yang terlampau banyak hal ini dibuktikan tidak terkirimnya paket di beberapa spot pengujian. Gambar 4.7. merupakan gambar denah lokasi pengujian



Gambar 4.7. Denah Lokasi Pengujian

4.5. Pengujian Lapangan (PH Sensor, EC, Cahaya, dan Temperatur)

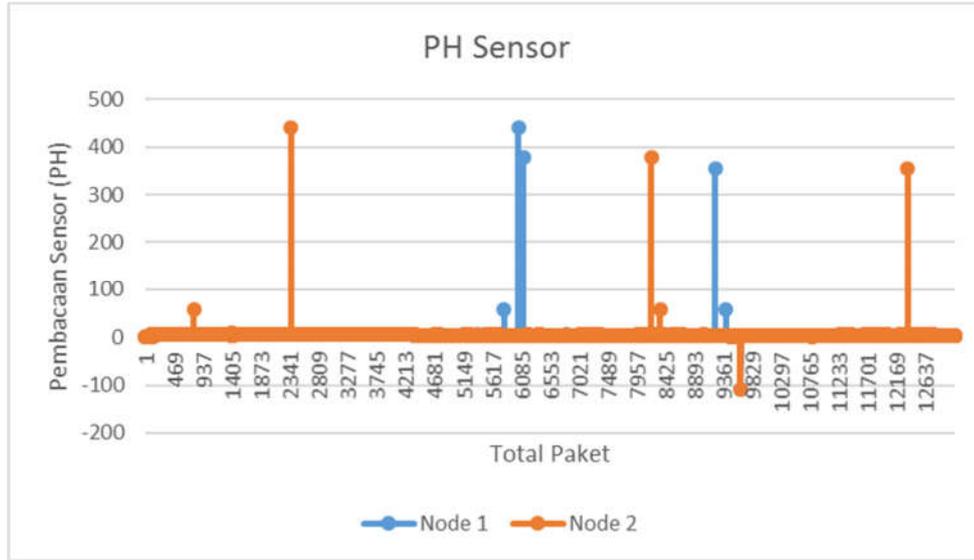
Pada pengujian ini akan diuji sensor yang digunakan pada penelitian ini yakni PH, kadar EC, Cahaya dan Temperatur. terhadap kondisi asli PH yang diukur menggunakan alat ukur konvensional.



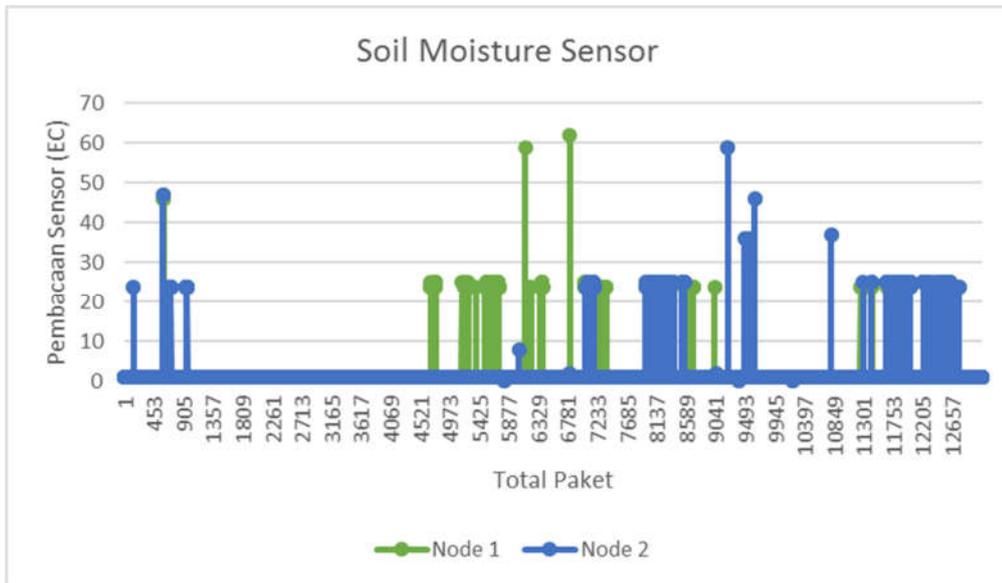
Gambar 4.8. Lokasi Pengujian di Kebun Sayur Hidroponik.

Pengujian ini akan berlangsung pada kebun hidroponik surabaya selama 5 jam hal ini dilakukan 2 kali, pengujian pertama dilakukan menggunakan protokol IEEE 802.14.5 dan pengujian kedua dilakukan menggunakan protokol Zigbee. Berikut

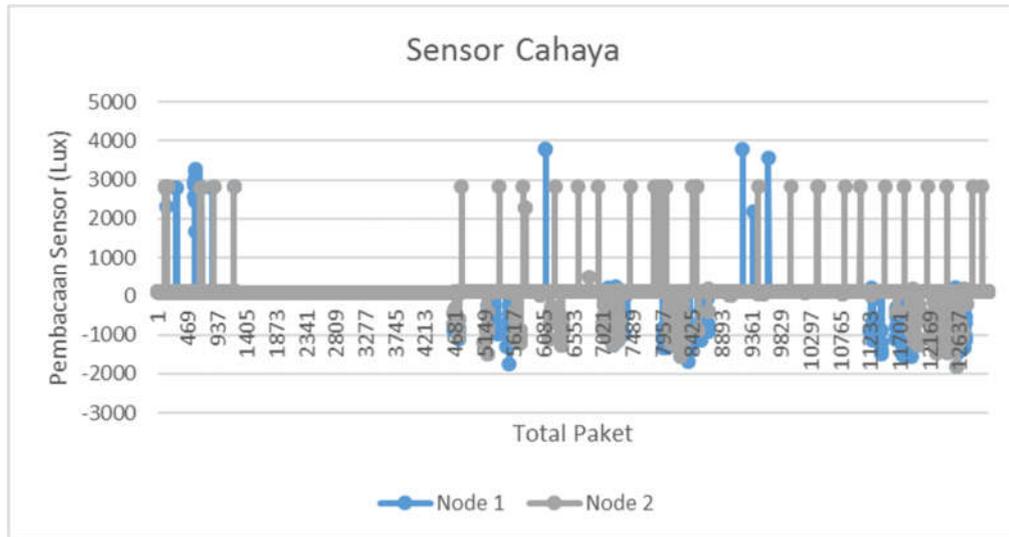
adalah grafik hasil pengambilan data selama 5 jam pengujian. Gambar 4.9, Gambar 4.10, Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 merupakan grafik hasil pengujian selama 5 jam dimulai pukul 9.00 sampai pukul 14.00 dengan menggunakan protokol IEEE 802.14.5.



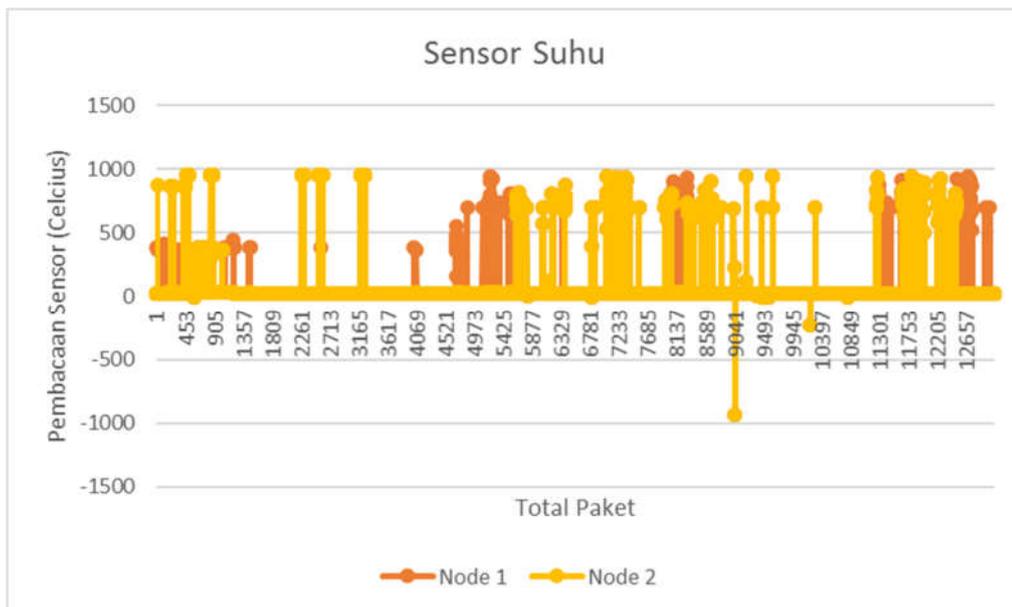
Gambar 4.9. Grafik Pembacaan sensor PH



Gambar 4.10. Grafik Pembacaan sensor Soil Moisture



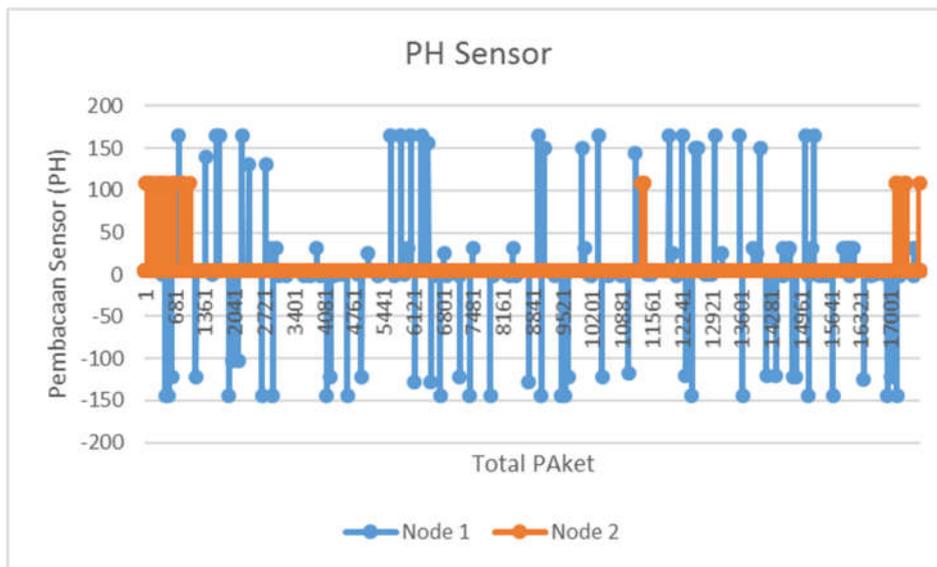
Gambar 4.11. Grafik Pembacaan Sensor Cahaya



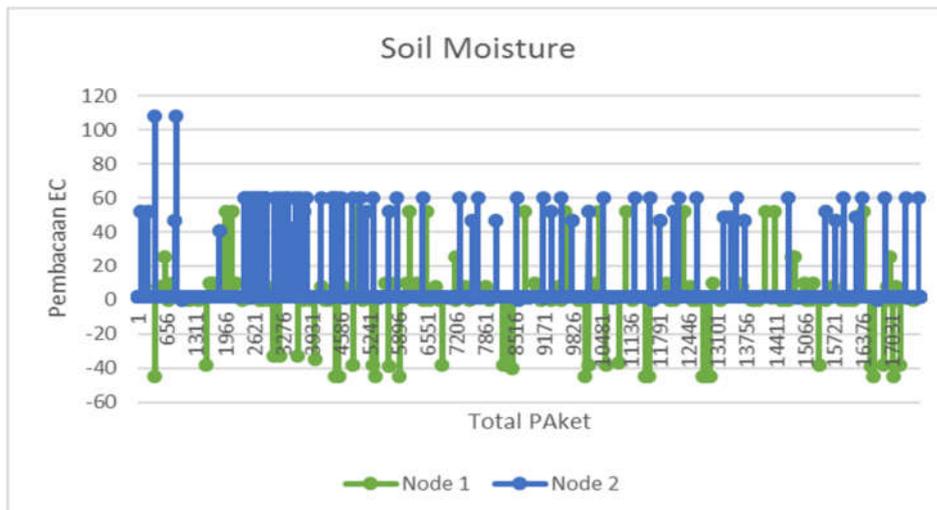
Gambar 4.12. Grafik Pembacaan Sensor Suhu

Pada Gambar 4.9, Gambar 4.10, Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 didapatkan hasil dari pembacaan sensor PH, EC, cahaya dan suhu dari *node 1* dan *node 2* hasilnya masih terdapat banyak transient pada sensor soil moisture dan sensor suhu hal ini dimungkinkan banyak hal yang pertama dikarenakan noise, kemudian kecepatan decode

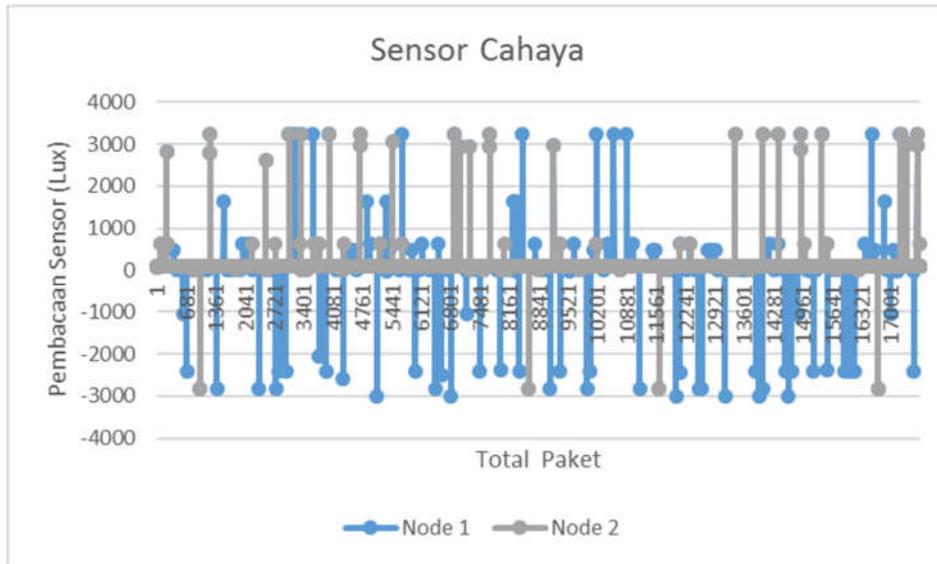
data yang dilakukan oleh arduino hal ini dibuktikan ketika dijalankan selama 5 jam arduino yang agak sedikit hangat hal ini memungkinkan terjadinya banyak packet error selain itu juga mungkin disebabkan oleh faktor eksternal. Pada hari berikutnya dilanjutkan percobaan yang sama namun menggunakan protokol zigbee. Gambar 4.13, Gambar 4.14, Gambar 4.15 dan Gambar 4.16 adalah hasil dari pengukuran menggunakan protokol zigbee.



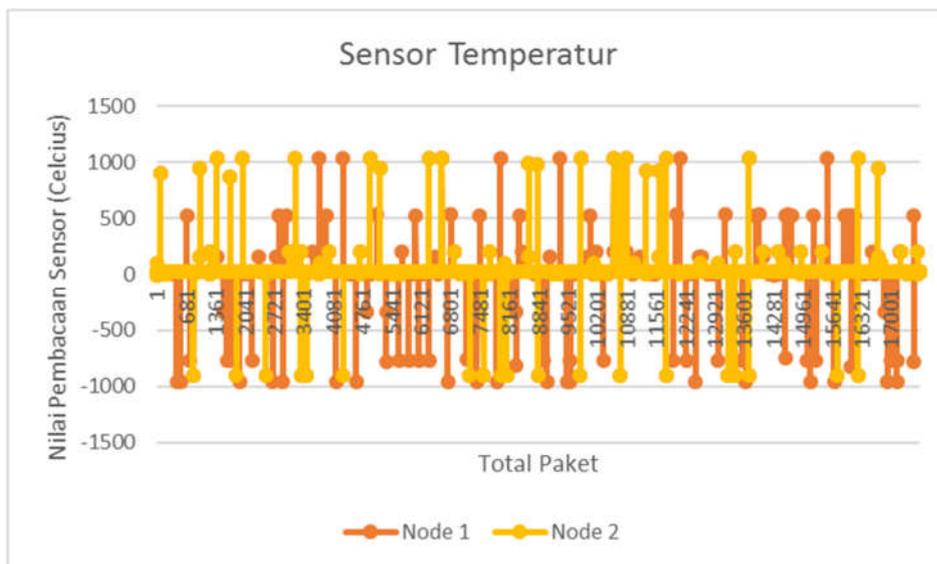
Gambar 4.13. PH Sensor



Gambar 4.14. Soil Moisture



Gambar 4.15. Sensor Cahaya



Gambar 4.16. Sensor Temperatur

Dari Gambar 4.13, Gambar 4.14, Gambar 4.15 dan Gambar 4.16 diatas dapat disimpulkan bahwa pada pengujian di lapangan juga terdapat banyak pembacaan packet error namun setelah melewati perhitungan maka total *Packet Error Rate* yang terjadi adalah sebesar 0,12% tentu hal ini menunjukkan bahwa pada prrotokol zigbee pengiriman data khususnya pengiriman data *adc* sensor lebih baik jika dibandingkan

dengan protokol IEEE 802.14.5 dimana pembacaan *Packet Error Rate* mencapai angka 15% dari total pengiriman data. Seluruh pembacaan *Packet Error Rate* ini dapat disebabkan oleh banyak hal salah satunya adalah kemampuan processor xbee dalam menyampling data sensor, pengaruh noise dan lainnya. Secara garis besar penerapan sistem monitoring *augmented reality* untuk media tanam hidroponik ini bisa dikatakan berhasil dikarenakan ketika data dilihat secara acak pada waktu-waktu tertentu menunjukkan hasil yang sama dengan alat ukur konvensional.

Tabel 4.18. Hasil Pengukuran acak Protokol IEEE 802.14.5

Waktu	Sensor PH	Sensor Soil Moisture (EC)	Sensor Cahaya (LUX)	Sensor Suhu (°C)	PH meter	EC Meter (EC)	Aplikasi Lux Meter (LUX)	Thermometer (°C)
10.50	5,84	1,58	100	30	5,9	1,380	102	30
12.00	5,88	1,58	95	28	6,0	1,470	89	27
14.00	9,44	1,58	120	30	8,78	1,50	110	29

Dari tabel 4.18 merupakan hasil dari penampakan aplikasi *Augmented reality* dimana pada tabel tersebut dapat disimpulkan, bahwa sistem dapat berjalan dengan baik. Berikut hasil pengujian aplikasi *augmented reality* pada protokol Zigbee.

Tabel 4.19. Hasil Pengukuran acak Protokol Zigbee

Waktu	Sensor PH	Sensor Soil Moisture (EC)	Sensor Cahaya (LUX)	Sensor Suhu (°C)	PH meter	EC Meter (EC)	Aplikasi Lux Meter (LUX)	Thermometer (°C)
10.50	5,22	1,57	102	30	5,4	1,478	100	31
12.00	4,82	1,00	94	29	5,6	1,234	98	27
14.00	8,00	1,57	102	30	8,78	1,523	110	29

Dari tabel 4.19 merupakan hasil dari penampakan aplikasi *Augmented reality* dimana pada tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem dapat berjalan dengan baik, tentu hasil yang didapat masih terdapat selisih yang sedikit lebih besar

dibandingkan dengan protokol IEEE 802.14.5. Berdasarkan pengujian di lapangan dan juga yang dilakukan pada pengujian sistem maka dapat ditarik sebuah kesimpulan bahwa protokol zigbee dapat mengirimkan data lebih baik dibandingkan protokol IEEE 802.14.5 hal ini dapat ditunjukkan dari jumlah total *Packet Error Rate* yang menunjukkan 0,12% pada protokol zigbee dan 33% pada protokol IEEE 802.14.5. Pada pengujian penampakan objek *Augmented reality* tidak terdapat perbedaan signifikan pada monitoring rata-rata pengujian dengan melihat hasil menggunakan aplikasi *Augmented reality* tidak memiliki banyak nilai berbeda dengan hasil yang diukur menggunakan alat ukur konvensional, namun perlu diingat ketika kita ingin membangun sebuah sistem smart yang memiliki fitur dapat memprediksi maka kita harus memperhatikan kualitas data yang diperoleh sehingga hasil prediksi yang dihasilkan pun dapat akurat.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

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.

1.1. Kesimpulan

1. Penggunaan metode *fusion center* dapat digunakan sebagai alternatif pembentukan desain *augmented reality monitoring system* berbasis wsn. Hal ini terlihat bahwa dari pengujian menggunakan protokol IEEE 802.14.5 didapatkan *Packet Error Rate* rata-rata sebesar 24,5% dan 2% pada protokol Zigbee.
2. Pada penelitian ini didapatkan faktor yang mempengaruhi kualitas data yang ditandai dengan munculnya *Packet Error Rate* pada *realtime augmented realtime monitoring system* berbasis wsn adalah periode sampling, jumlah sensor yang dipasang pada satu *node*, dan juga jarak antara *node* dengan coordinator.
3. Periode sampling yang optimal digunakan pada *augmented reality realtime monitoring system* adalah pada kisaran 500 – 1000 ms dimana hal ini ditunjukkan dengan munculnya *packet error rate* yang terjadi 2,5% pada protokol IEEE 802.14.5 dan 0% pada zigbee protokol ketika menggunakan periode sampling dengan kisaran waktu tersebut.
4. Jumlah sensor maksimal yang dapat digunakan pada *augmented reality realtime monitoring system* adalah < 3 sensor hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya jumlah *Packet Error Rate* yang muncul sebesar 1% pada protokol IEEE 802.14.5 dan 0% pada protokol zigbee ketika sensor dipasang lebih dari 2 sensor.

5. Jarak maksimal yang dapat diterapkan pada *Augmented reality* Realtime Monitoring system adalah sejauh 25 meter dengan kondisi LOS (Line of Sight) dan NLOS hal ini dibuktikan dengan PER yang muncul berkisar 35%.

1.2.Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diberikan beberapa saran untuk pengembangan *Augmented reality* Realtime Monitoring System berbasis *Wireless sensor network*. Berikut ini saran yang dapat diberikan :

1. Pada zigbee protokol yang memiliki PER yang tinggi maka dapat digunakan metode map pada arduino untuk mengatasi error quantizing pada pembacaan protokol zigbee.
2. Perlu dilakukan penelitian untuk menciptakan sebuah filter agar dapat mengurangi packet error yang terjadi pada *augmented reality* realtime monitoring system.
3. Perlu diteliti menggunakan jenis database yang berbeda sehingga dapat dijadikan perbandingan performa database mysql dengan database lain seperti fire db dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexandru Lavric, Valentin Popa, Illie Finis, Adrian Mihai Adrian Ioan Petrariu. 2012 . *Packet Error Rate Analysis of IEEE 802.15.4 under 802.11g and Bluetooth Interferences*. IEEE.
- Chi-Yin Yuen, Johnson dkk. 2011. *Augmented reality: An Overview and Five Directions for AR in Education*. Journal of Educational Technology Development and Exchange. National Kaohsiung Normal University.
- Choi Jinho. 2010 .*On the energy efficiency of wireless sensor networks with local fusion centers*. Sensor Signal Processing for Defence (SSPD 2010), IEEE.
- Dwi, M. P. R., 2014. Rancang Bangun Sistem Informasi Monitoring Antrian Pada Koperasi Setia Bhakti Wanita Berbasis Web. Surabaya: Stikom.
- Goldsmith, daniel., Liarokapis, Fotis, dkk. 2008 *Augmented reality Environmental Monitoring Using Wireless sensor networks*. 12 International Conference Information Visualisation, IEEE.
- Han, J. Y. (2005). *Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection*. Proc. UIST '05 (ACM symposium on User interface software and technology), 115–118.
- Hariadi, Latief, dkk. 2011. *Augmented reality Navigasi Mobil Berdasarkan Sudut*. Jurnal Prodi. Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro. ITS, Surabaya
- Hu, Huan. Gao, Xin. Sun, Hanxu. Jia, Qingxuan. Zhang, Yanheng, *Design and Implementation of the Teleoperation Platform Based on Augmented reality*. 12th IEEE International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI'CC'13), 2013 IEEE.
- Kaur, Gurwinder., Garg, Rachit Mohan. 2012. *Energy Efficient Topologies For Wireless sensor networks*. International Journal of Distributed and Parallel System (IJDPS) Vol.3, No.5.
- Karen Rose, Scott Eldridge, Lyman Chapin. 2015 . *The Internet of things: An Overview Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World*. The Internet Society, Switzerland.
- Maribun, S., 2008. Implementasi Sistem *Wireless sensor network*. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Muhaimin. 2013. *Desain dan Implementasi Media Belajar Kerangka Manusia 3D Berbasis Augmented reality (AR) (Studi Kasus SMPN 1 Kota Baru)*. Jurnal Prodi. Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer. Universitas Singaperbangsa, Karawang.
- Pokric, Boris, Krc, Srdjan, Drajić, Dejan, Pokric, Maja. 2015. *Augmented reality Enabled IoT Servicess for Environmental Monitoring Utilising Serious Gaming Concept*. Serbia: Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitos Computing, and Dependable Applications, Volume: 6.
- Roslani, Rini, Sumarni, Nani. 2005. *Budidaya Tanaman Sayuran dengan Sistem Hidroponik*. Bandung: Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- Sibrai, Maribun. 2008. *Implementasi Sistem Wireless sensor network*. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Syam, R., 2013. Dasar-dasar teknik sensor. Makasar: Universitas Hasanudin.
- Olwal, Alex. 2009. *An Introduction To Augmented reality*. Unobtrusive Augmentation of Physical Environments: Interaction Techniques, Spatial Displays and Ubiquitous Sensing. Doctoral Thesis, KTH, Department of Numerical Analysis and Computer Science
- Veas Eduardo, Grasset, Raphael, Ferencik Ioan, Grunewald Thomas, Schmalstieg, Dieter. 2012. *Mobile Augmented reality for Environmental Monitoring*. Pers Ubiquitos Computing.
- Wilson, A. D. (2004). *Touchlight: An imaging touch screen and display for gesture-based interaction*. Proc. ICMI '04 (International conference on Multimodal interfaces), 69–76.

References

- [1] Muhaimin, "Desain dan Implementasi Media Belajar Kerangka Manusia 3D Berbasis Augmented Reality," *Jurnal Prodi Teknik Informatika*, p. 30, 2013.
- [2] Olwal and Alex, An Introduction To Augmented Reality. Unobtrusive Augmentation of Physical Environments: Interaction Techniques, Spatial Displays and Ubiquitous Sensing, KTH: Departement of Numerical Analysis and Computer Science, 2009.

- [3] G. Kaur and M. Rachit, "Energy Efficient Topologies For Wireless Sensor Networks," *International Journal of Distributed and Parallel System (IJDPDS)*, vol. 3, no. 5, 2012.
- [4] C. Harrison and S. E. Hudson, , "Providing dynamically changeable physical buttons on a visual display.," in *International conference on Human factors in computing systems*, 2009.
- [5] S. Basu, S. S. and ,. A. Pentland, "Wearable phased arrays for sound localization and enhancement," in *International Symposium on Wearable Computers*, 2000.
- [6] C.-Y. Yuen and Johnson, "Augmented Reality : An Overview and Five Directions for AR in Education," *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, pp. 45-48, 2011.
- [7] Gandhi and S. R., "A Real Time Indoor Navigation and Monitoring System for Firefighter and Visually Impaired," *University of Massachusetts*, pp. 47-48, 2014.
- [8] Goldsmith, Daniel, Liarokapis and Fotis, "Augmented Reality MEnvironmental Monitoring Using Wireless Sensor Network," in *International Conference Information Visualization*, 2008.
- [9] Hariadi and Latief, "Augmented Reality Navigasi Mobil Berdasarkan Sudut," *Jurnal Prodi Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro*, p. 2, 2011.
- [10] H. Huan, G. Xin, Q. J. Hanxu Sun and Y. Zhang, "Design and Implementation of the] Teleoperation Platform Based on Augmented Reality," in *International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing*, 2013.
- [11] B. Pokric, S. Krco, P. Dejan and Maja, "Augmented Reality Enabled IoT Services for] Environmental Monitoring Utilising Serious Gaming Concept," *Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitos Computing, and Dependable Applications*, vol. 6, p. 45, 2015.
- [12] Eduardo, Veas; Grasset; Raphael; Loan, Ferencik; Thomas, Grunewald; Schmalstieig;] Dieter, "Mobile Augmented Reality for Environmental Monitoring," in *Ubiquitos Computing*, 2012.
- [13] S. Maribun, Implementasi Sistem Wireless Sensor Network, Jakarta: Universitas] Indonesia, 2008.
- [14] A. Lavric, V. Popa, I. Finis, A.-M. Gaitan and A.-I. Petrairu, "Packet Error Rate Analysis of] IEEE 802.15.4 under 802.11g and Bluetooth Interferences," in *Communications (COMM), 2012 9th International Conference on*, 2012.

- [15 "Packet Error Rate (PER) Measurement Description," Keysight Technologies, 22 July 2008. [Online]. Available: http://rfmw.em.keysight.com/rfcomms/refdocs/1xevdo/1xevdo_meas_cperror_desc.html. [Accessed 2 12 2016].
- [16 R. Syam, Dasar-dasar teknik sensor, Makasar: Universitas Hasanudin, 2013.]
- [17 M. P. R. Dwi, Rancang Bangun Sistem Informasi Monitoring Antrian Pada Koperasi Setia Bhakti Wanita Berbasis Web., Surabaya: Stikom, 2014.]
- [18 "Digital and analog sampling using XBee radios," Digi, 2014. [Online]. Available: http://knowledge.digi.com/articles/Knowledge_Base_Article/Digital-and-analog-sampling-using-XBee-radios. [Accessed 12 5 2016].

LAMPIRAN

7.1. Source code arduino

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };

IPAddress ip(192,168,1,200);
byte server[] = {192,168,1,20};
char subur[] = ("Tanah_Subur");
char tidak[] = ("Tanah_Tidak_Subur");
EthernetClient client;
float temp, voltage, data;

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  Ethernet.begin(mac, ip);
}

void loop(){
  if (Serial.available() >=24) {
    if (Serial.read() == 0x7E) {
      for (int i = 1; i < 11; i++){
        byte discardByte = Serial.read();
      }
      int analogMSB = Serial.read();
      int analogLSB = Serial.read();
    }
  }
}
```

```

int analogReading = analogLSB + (analogMSB * 256);

int analogMSB2 = Serial.read();
int analogLSB2 = Serial.read();
int analogReading2 = analogLSB2 + (analogMSB2 * 256);

int analogMSB3 = Serial.read();
int analogLSB3 = Serial.read();
int analogReading3 = analogLSB3 + (analogMSB3 * 256);

int analogMSB4 = Serial.read();
int analogLSB4 = Serial.read();
int analogReading4 = analogLSB4 + (analogMSB4 * 256);

//temp = (analogReading2/1023.0)*1.23;
//temp = temp - 0.5;
//temp = temp/0.01;
//temp = temp * 9/5;
//voltage = analogReading*2.048;
voltage = (analogReading * (3.3/1023))*4.24;
float voltage2 = (analogReading2 * (3.3/1023))*0.60;
float voltage3 = (analogReading3 * (3.3/1023))*36.36;
float voltage4 = (analogReading4 * (3.3/1023))*9.09;
data = (voltage * 1023)/5.0;

//Serial.println(" ");

```

```

//Serial.println(analogMSB, DEC);
//Serial.print("      ");
//Serial.println(analogMSB2, DEC);
//Serial.println(analogLSB, DEC);
//Serial.print("      ");
//Serial.println(analogLSB2, DEC);
//Serial.println(analogReading, DEC);
Serial.print(voltage);
Serial.print(" ");
Serial.print(voltage2);
Serial.print(" ");
Serial.print(voltage3);
Serial.print(" ");
Serial.println(voltage4);
//Serial.print("      ");
//Serial.println(analogReading2, DEC);

//Serial.print(voltage, DEC);
//Serial.println("V");
//Serial.println(data);
//Serial.print(temp);
//Serial.println("C");

//koneksi ke database
if (client.connect(server, 80)) {
  client.print("GET /write_data_buatpaper.php?");

```

```

client.print("value=");
client.print(voltage);
client.print("&");
client.print("value2=");// yang mau dimasukkan ke database
client.print(voltage2);
client.print("&");
client.print("value3=");// yang mau dimasukkan ke database
client.print(voltage3);
client.print("&");
client.print("value4=");// yang mau dimasukkan ke database
client.print(voltage4);
client.println(" HTTP/1.1");
client.println("Host: 192.168.1.20");
client.println("Connection: close");
client.println();
client.println();
client.stop();
}
else {
Serial.println("-->connection failed\n");
}
delay(1000);
}
}
}

```

7.2. Source code file untuk menampilkan data ke objek AR

```
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
using System.Collections;
using Vuforia;

public class DB : MonoBehaviour {

    public string alamat;

    float a = 0;

    float b;

    void Start () {

        StartCoroutine_Auto (GetData ());

    }

    IEnumerator GetData() {

        WWW www = new WWW (alamat);

        while(!www.isDone && string.IsNullOrEmpty(www.error)) {

            gameObject.GetComponent<TextMesh> ().text =
System.Convert.ToString(b); //Show progress

            yield return new WaitForSeconds(1);

        }

        if (string.IsNullOrEmpty (www.error)) {

            b = a + float.Parse (www.text);

            gameObject.GetComponent<TextMesh> ().text=
System.Convert.ToString(b);

            yield return new WaitForSeconds (0.05F);

        }

    }

}
```

```

    } else {
        Debug.LogWarning (www.error);
        yield return new WaitForSeconds (1);
    }
    StartCoroutine (GetData2 ());
}

```

```

IEnumerator GetData2() {

```

```

    WWW www = new WWW (alamat);
    while(!www.isDone && string.IsNullOrEmpty(www.error)) {
        gameObject.GetComponent<TextMesh> ().text=
System.Convert.ToString(b); //Show progress
        yield return new WaitForSeconds (1);
    }

```

```

    if (string.IsNullOrEmpty ( www.error)) {
        b = a + float.Parse (www.text);
        gameObject.GetComponent<TextMesh> ().text=
System.Convert.ToString(b);
        yield return new WaitForSeconds (0.05F);
    } else {
        Debug.LogWarning (www.error);
        yield return new WaitForSeconds (1);
    }

```

```

    StartCoroutine (GetData ());

```

```

}
// Update is called once per frame
void Update () {

}
}

```

7.3. Lampiran foto Pengukuran



Qendi menggunakan teknologi *augmented reality* yang belakangan populer karena permainan Pokemon Go. Namun, hardware ini tidak digunakan untuk bermain game, tetapi untuk *super-monitoring* terhadap tanaman, misalnya tumbuh dan perkembangannya.











BIOGRAFI PENULIS



Arda Surya Editya, saya lahir di Surabaya 6 Nopember 1992. Putra pertama dari dua bersaudara dari pasangan Ary Yulianto dan Inda Purwandari. Untuk saat ini saya bertempat tinggal di Pondok Sidokare Asri B-7. Sampai saat ini saya sudah memiliki beberapa prestasi salah satunya adalah menjadi reviewer di jurnal internasional terindex scopus di Biotechnology Reports, Finalis 5 besar Asia Open Data Hackathon, dan lainnya.

Peneliti dapat dihubungi di email : ardasurya@gmail.com