



TUGAS AKHIR - EC184801

**SISTEM PENENTUAN POSISI OBJEK DENGAN METODE
TRILATERASI BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)
MENGUNAKAN PERANGKAT *LONG RANGE RADIO
FREQUENCY* (LORA)**

Muhammad Abimanyu Setyo Puji Asyhari
NRP 0721144000013

Dosen Pembimbing
Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.
Ahmad Zaini, ST., M.Sc.

Departemen Teknik Komputer
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - EC184801

**OBJECT POSITIONING SYSTEM WITH TRILATERATION
METHOD BASED ON INTERNET OF THINGS USING
LONG RANGE RADIO FREQUENCY (LORA) DEVICE**

Muhammad Abimanyu Setyo Puji Asyhari
NRP 0721144000013

Advisor

Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.
Ahmad Zaini, ST., M.Sc.

Department of Computer Engineering
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

Halaman ini sengaja dikosongkan

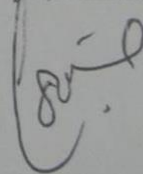
PERNYATAAN KEASLIAN
TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“Sistem Penentuan Posisi Objek dengan Metode Trilaterasi Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Perangkat Long Range Frequency”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan 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 2019



Muh. Abimanyu S.P.A

07211340000001

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

Sistem Penentuan Posisi Objek dengan Metode Trilaterasi Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Perangkat Long Range Radio Frequency (LoRa)

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh : Muhammad Abimanyu Setyo Puji Asyhari (NRP. 07211440000013)

Tanggal Ujian : 04 Januari 2019

Periode Wisuda : Maret 2019

Disetujui oleh :

Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T
NIP. 196907301995121001

(Pembimbing I)

Ahmad Zaini, S.T., M.Sc.
NIP. 197504192002121003

(Pembimbing II)

Muhtadin, S.T., M.Sc.
NIP. 198106092009121003

(Penguji I)

Eko Pramunanto, S.T., M.T.
NIP. 196612031994121001

(Penguji II)

Dr. Reza Fuad Rachmadi, S.T., M.T.
NIP. 198504032012121001

(Penguji III)

Mengetahui
Kepala Departemen Teknik Komputer

Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T
NIP. 196907301995121001

DEPARTEMEN
TEKNIK KOMPUTER

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

- Nama Mahasiswa : Muhammad Abimanyu Setyo Puji Asyharri
- Judul Tugas Akhir : Sistem Penentuan Objek dengan Metode Trilaterasi Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Perangkat *Long Range Radio Frequency* (LoRa)
- Pembimbing : 1. Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.
2. Ahmad Zaini, S.T., M.Sc.

Penentuan posisi objek pada suatu lokasi merupakan hal yang fundamental dalam berbagai penelitian yang berhubungan dengan layanan berbasis lokasi (*location based service*). Berbagai macam perangkat teknologi untuk penentuan posisi objek sudah banyak digunakan. Namun perangkat-perangkat tersebut membutuhkan daya yang relatif besar dan jangkauan *coverage* yang tidak jauh. Di samping itu, objek yang berfungsi sebagai node memerlukan perangkat hemat daya karena sumber daya yang dimiliki terbatas. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini menawarkan membuat sistem penentuan posisi objek dengan perangkat *Long Range Radio Frequency* (LoRa) di mana perangkat tersebut memiliki keunggulan hemat daya dan jangkauan yang jauh serta menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) agar sistem dapat diakses secara *remote*. Dari hasil pengujian, sistem dapat memantau koordinat posisi objek dengan IoT dan dapat diakses secara *remote*. *Range error* penentuan koordinat posisi dengan menggunakan perangkat LoRa sebesar 3.73 meter sampai dengan 16.66 meter dalam *coverage area* 30 meter x 30 meter dan sebesar 12.5 meter sampai dengan 104.66 meter dalam *coverage area* 140 meter x 170 meter. *Error* konversi RSSI ke Jarak Ukur dengan menggunakan Regresi Polinomial mencapai 79%.

Kata Kunci : Perangkat *Long Range Radio Frequency*, Trilaterasi, *Internet of Things*, *Positioning*

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Name : Muhammad Abimanyu Setyo Puji Asyhari
Title : *Object Positioning System with Trilateration Method Based on Long Range Radio Frequency (LoRa) Device*
Advisors : 1. Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.
2. Ahmad Zaini, S.T., M.Sc.

Positioning objects on location is fundamental in research related to location-based services. Various types of technological devices for positioning objects have been widely used. However, these devices require relatively large power and coverage that is not far enough. Besides, the object used as a node requires a power-saving device because provided power is limited. Therefore, this final project creates a positioning system with a Long Range Radio Frequency (LoRa) device in which these devices have the power saving advantage and long range using Internet of Things technology so that the system can be accessed remotely. From the test results, the system can monitor the coordinates of the object's position with IoT and can be accessed remotely. Range error determining the coordinates of the object's position using a LoRa device of 3.73 meters up to 16.66 meters in textit coverage area 30 meters x 30 meters and 12.5 meters up to 104.66 meters in textit coverage area 140 meters x 170 meter. textit Error converts RSSI to Measuring Distance using Polynomial Regression reaching 79%.

Keywords : Long Range Radio Frequency Device, Trilateration, Internet of Things, Positioning

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin atas segala limpahan rahmat, taufik, hidayah dan karunia Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul ”**Sistem Penentuan Posisi Objek dengan Metode Trilaterasi Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Perangkat *Long Range Radio Frequency* (LoRa)**”.

Penelitian ini disusun dalam rangka pemenuhan bidang riset di Departemen Teknik Komputer ITS, Bidang Studi Telematika, serta digunakan sebagai persyaratan menyelesaikan pendidikan S1. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu, Bapak dan Keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan penuh dalam penyelesaian penelitian ini.
2. Bapak Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT. selaku Ketua Departemen Teknik Komputer sekaligus sebagai dosen pembimbing I yang telah membimbing dan menasehati khususnya selama pengerjaan penelitian ini.
3. Bapak Ahmad Zaini, ST., M.Sc. sebagai dosen pembimbing II yang telah bersedia atas bimbingan selama mengerjakan penelitian.
4. Bapak-ibu dosen pengajar Departemen Teknik Komputer, atas pengajaran, bimbingan, serta perhatian yang diberikan kepada penulis selama ini.
5. Seluruh teman-teman dari Teknik Komputer, Laboratorium B401, B201.

Kesempurnaan hanya milik Allah SWT, untuk itu penulis memohon segenap kritik dan saran yang membangun. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Surabaya, Desember 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan masalah	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Teknologi Penentuan Posisi	5
2.2 <i>Internet of Things</i> (IoT)	5
2.3 <i>Arduino Uno Microcontroller</i>	7
2.4 <i>Long Range Radio Frequency Technology</i> (LoRa)	8
2.5 Modul WiFi ESP8266-01	11
2.6 Regresi	11
2.7 <i>Distance Path-Loss Model</i>	15
2.8 Trilaterasi	15
3 DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM	19
3.1 Desain Sistem	19
3.2 Alur Kerja Sistem	20
3.3 Konfigurasi Perangkat	20
3.3.1 <i>LoRa Node</i>	21
3.3.2 <i>LoRa Anchor</i>	21
3.3.3 <i>LoRa Gateway</i>	21

3.4	Pemancaran LoRa <i>Node</i>	22
3.4.1	Konfigurasi LoRa <i>Node</i>	22
3.4.2	Pemancaran Data ke LoRa <i>Anchor</i>	22
3.5	Pemrosesan Data pada LoRa <i>Anchor</i>	22
3.5.1	Penerimaan Data pada LoRa <i>Anchor</i>	23
3.5.2	Pengiriman Data ke LoRa <i>Gateway</i>	24
3.6	Pemrosesan Data pada LoRa <i>Gateway</i>	25
3.6.1	Penerimaan Data pada LoRa <i>Gateway</i>	25
3.6.2	Pengiriman Data ke <i>Server</i>	25
3.7	Konversi RSSI ke Jarak	25
3.8	Perhitungan Trilaterasi	26
3.9	Penyimpanan Data ke <i>Database</i>	27
3.10	Penampilan Antar Muka <i>Web Apps</i>	28
3.10.1	<i>Dashboard</i>	28
3.10.2	<i>List</i> Data Objek	29
3.10.3	<i>Settings</i>	29
4	PENGUJIAN DAN ANALISA	31
4.1	Pengujian Akuisisi Jarak	31
4.1.1	Pengujian Pengambilan Data RSSI	31
4.1.2	Pengujian Model Persamaan <i>Distance Path-loss</i> untuk Konversi RSSI ke Jarak	33
4.1.3	Pengujian Model Persamaan Regresi Polinomial untuk Konversi RSSI ke Jarak	33
4.1.4	Pengujian Model Persamaan Regresi Eksponensial untuk Konversi RSSI ke Jarak	35
4.1.5	Penentuan Model Persamaan Terbaik untuk Konversi RSSI ke Jarak	35
4.2	Pengujian Trilaterasi	35
5	PENUTUP	43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	43
	DAFTAR PUSTAKA	45
	LAMPIRAN	49

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

2.1	Papan Arduino Uno[1].	7
2.2	LoRa <i>Shield</i> Dragino[2].	10
2.3	LoRa <i>Gateway</i> Dragino[3].	11
2.4	Modul ESP8266-01 Ai-Thinker[4].	12
2.5	Metode Trilaterasi[5].	16
3.1	Desain Implementasi.	19
3.2	Alur Kerja Sistem.	20
3.3	Perangkat LoRa Node.	21
3.4	Perangkat LoRa <i>Anchor</i>	21
3.5	Perangkat LoRa <i>Gateway</i>	22
3.6	<i>Flowchart</i> LoRa Node.	23
3.7	<i>Flowchart</i> LoRa <i>Anchor</i>	24
3.8	<i>Flowchart</i> LoRa <i>Gateway</i>	26
3.9	Desain <i>Database</i>	28
3.10	<i>Dashboard</i>	29
3.11	<i>List Data</i> Objek.	30
3.12	<i>Settings</i>	30
4.1	Data RSSI dengan Jarak 1 meter dari tiga <i>Anchor</i>	33
4.2	Bentuk Data Sampel RSSI dan Jarak.	34
4.3	Skema Penempatan <i>Anchor</i> 30 m x 30 m.	36
4.4	Skema Penempatan <i>Anchor</i> dengan area 140 m x 170 m.	37
1	Pengukuran Jarak Asli untuk Pengambilan Data Sample (1).	49
2	Pengukuran Jarak Asli untuk Pengambilan Data Sample (2).	49
3	Posisi LoRa Node untuk Pengambilan Data Sample.	50
4	LoRa Gateway untuk Pengambilan Data Sample.	50
5	Penempatan LoRa Node untuk Pengujian.	51
6	Penempatan LoRa Anchor 1 untuk Pengujian.	51
7	Penempatan LoRa Anchor 2 untuk Pengujian.	52
8	Penempatan LoRa Anchor 3 untuk Pengujian.	52

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

2.1	<i>Long Range Wireless Interface</i> [6].	9
2.2	Spesifikasi LoRa <i>Shield</i> Dragino v1.4.	11
3.1	Data yang dikirim oleh LoRa <i>Node</i>	23
3.2	Data yang diterima oleh LoRa <i>Anchor</i>	24
3.3	Data yang diterima oleh LoRa <i>Gateway</i>	25
4.1	Data RSSI dengan jarak 1 meter.	32
4.2	Data sample RSSI dan Jarak.	34
4.7	Pengujian Trilaterasi dengan Area 30 m x 30 m. . .	36
4.8	Pengujian Trilaterasi dengan Area 140 m x 170 m. .	37
4.3	Data Pengujian Konversi RSSI ke Jarak dengan <i>Distance Path-Loss</i>	38
4.4	Data Pengujian Konversi RSSI ke Jarak dengan Regresi Polinomial.	39
4.5	Data Pengujian Konversi RSSI ke Jarak dengan Regresi Eksponensial.	40
4.6	Perbandingan <i>Error</i> Model Persamaan untuk Konversi RSSI ke Jarak.	41

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

Tugas akhir ini di latar belakang oleh berbagai kondisi yang menjadi acuan. Selain itu juga terdapat beberapa permasalahan yang akan dijawab sebagai luaran dari tugas akhir.

1.1 Latar belakang

Penentuan posisi objek pada suatu lokasi merupakan hal yang fundamental dalam berbagai penelitian yang berhubungan dengan layanan berbasis lokasi (*location based service*). Pada lingkungan atau lokasi di luar ruangan (*outdoor*) estimasi posisi suatu objek pada umumnya menggunakan teknologi *Global Positioning System* (GPS). Dengan menggunakan teknologi GPS dapat diperoleh estimasi posisi berupa koordinat lintang dan bujur derajat di permukaan bumi. Kemampuan GPS dapat diterapkan ke berbagai perangkat yaitu dengan menambahkan modul GPS pada perangkat tersebut. Sedangkan pada lingkungan atau lokasi di dalam ruangan (*indoor*) estimasi posisi suatu objek pada umumnya menggunakan teknologi Bluetooth, WiFi, dan RFID. Dengan menggunakan beberapa teknologi tersebut dapat diperoleh estimasi posisi yang bersifat relatif terhadap lingkungan.

Berbagai macam perangkat teknologi untuk penentuan posisi objek sudah banyak digunakan. Namun perangkat-perangkat tersebut membutuhkan daya yang relatif besar dan jangkauan *coverage* yang tidak jauh. Di samping itu objek yang berfungsi sebagai node memerlukan perangkat hemat daya karena sumber daya yang dimiliki terbatas. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini menawarkan sistem penentuan posisi objek dengan perangkat *Long Range Radio Frequency* (LoRa) di mana perangkat tersebut memiliki keunggulan hemat daya dan jangkauan yang jauh serta menggunakan teknologi *Internet of Things* agar sistem dapat diakses secara *remote*.

1.2 Permasalahan

Rumusan masalah tugas akhir ini adalah penentuan posisi objek pada suatu lokasi merupakan hal yang fundamental dalam ber-

bagai penelitian yang berhubungan dengan layanan berbasis lokasi. Informasi atas keberadaan posisi dari objek sangat penting diketahui untuk mengontrol sebuah kondisi. Namun, berbagai macam perangkat yang digunakan untuk penentuan posisi objek tidak memiliki jangkauan jauh dan hemat daya serta tidak dapat dipantau secara *remote*.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan permasalahan, tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah membuat sistem penentuan posisi objek dengan perangkat hemat daya dan jangkauan yang jauh serta menggunakan teknologi *Internet of Things* agar sistem dapat diakses secara *remote*.

1.4 Batasan masalah

Adapun batasan masalah dari pengerjaan tugas akhir ini adalah :

1. Pengujian untuk penentuan posisi objek dilakukan di dalam area kampus.
2. Sistem pemantauan menggunakan metode trilaterasi LoRa berbasis *Internet of Things*.
3. Pengambilan data dilakukan pada saat objek diam.

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir Tugas akhir ini tersusun dalam sistematika dan terstruktur sehingga mudah dipahami dan dipelajari oleh pembaca maupun seseorang yang ingin melanjutkan tugas akhir ini. Alur sistematika penulisan laporan tugas akhir ini yaitu :

1. BAB I Pendahuluan
Bab ini berisi uraian tentang latar belakang permasalahan, penegasan dan alasan pemilihan judul, sistematika laporan, tujuan dan metodologi tugas akhir.
2. BAB II Dasar Teori
Bab ini berisi tentang uraian teori-teori secara sistematis yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas serta sebagai landasan untuk melakukan tugas akhir ini.

3. BAB III Desain Sistem dan Implementasi

Bab ini berisi tentang penjelasan-penjelasan terkait sistem yang dibuat. Seperti menggunakan blok diagram atau *work flow* agar sistem yang akan dibuat dapat terlihat dan mudah dibaca untuk pada pelaksanaan tugas akhir.

4. BAB IV Pengujian dan Analisa

Bab ini menjelaskan tentang hasil pengujian dan analisa yang dilakukan terhadap sistem dalam tugas akhir. Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang diuji juga disebutkan dalam bab ini. Sehingga ketika akan dikembangkan lebih jauh, spesifikasi perlengkapannya bisa dipenuhi dengan mudah tanpa harus melakukan ujicoba perangkat lunak maupun perangkat keras lagi.

5. BAB V Penutup

Bab ini merupakan penutup yang berisi kesimpulan yang diambil dari tugas akhir dan pengujian yang telah dilakukan. Saran dan kritik yang membangun untuk pengembangan lebih lanjut juga dituliskan pada bab ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Demi mendukung tugas akhir ini, dibutuhkan beberapa teori penunjang sebagai bahan acuan dan referensi. Dengan demikian tugas akhir ini menjadi lebih terarah.

2.1 Teknologi Penentuan Posisi

Perangkat-perangkat teknologi kompleks yang saling berkoneksi menyediakan layanan penentuan posisi. Secara umum penentuan posisi dibagi menjadi dua, yaitu *outdoor positioning* dan *indoor positioning*[7].

1. *Teknologi Outdoor Positioning*

Ada beberapa penelitian dan teknologi komersial yang telah fokus terhadap perkembangan penentuan posisi di lingkungan outdoor dengan kelemahan dan kelebihan sendiri-sendiri.

2. *Teknologi Indoor Positioning*

Berbeda dengan teknologi *Outdoor Positioning* yang dapat mengidentifikasi dan menentukan posisi orang atau objek di lingkungan terbuka, teknologi *Indoor Positioning* diaplikasikan pada jangkuan terbatas seperti bangunan atau ruang terbatas lainnya (sebagai contoh stadion, pabrik, kampus).

2.2 Internet of Things (IoT)

IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Adapun kemampuan seperti berbagi data, *remote control*, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata.

Casagras (*Coordination and Support Action for Global RFID-Related Activities and Standardisation*) mendefinisikan IoT sebagai sebuah infrastruktur jaringan global yang menghubungkan benda-benda fisik dan *virtual* melalui kemampuan jaringan komunikasi dan *data capture*. IoT menawarkan identifikasi obyek, sensor dan kemampuan koneksi sebagai dasar untuk pengembangan layanan dan aplikasi.

IoT telah muncul sebagai paradigma baru yang bertujuan memberikan solusi-solusi untuk integrasi, komunikasi, penggunaan data, dan analisis perangkat pintar. Dalam hal ini, berbagai macam blok bangunan IoT, seperti sensor, perangkat pintar, komunikasi machine to machine dan peran manusia dalam skenario IoT di masa mendatang akan selalu dikembangkan. Banyak tantangan mulai dari persyaratan komunikasi hingga pengembangan middleware masih tetap ada dan perlu dipelajari lebih lanjut.

Menurut Irena Bojanova sebagai member Senior IEEE memetakan komponen-komponen IoT menjadi delapan kategori[8], yaitu:

1. *Physical Object*
Seluruh benda yang secara fisik terlihat dan berfungsi seperti pada umumnya. Contoh: lampu, pintu, pagar, bel alarm, pompa air
2. *Sensor*
Pendeteksi kondisi lingkungan fisik untuk mendapatkan data secara digital.
3. *Actuator*
Komponen yang dapat mengontrol atau menggerakkan sebuah sistem / mekanisme. Contoh: rem, kunci pintu, saklar
4. *Virtual Object*
Seluruh benda di mana bersifat *virtual* yang seolah-olah menggantikan benda fisik. Contoh: buku elektronik, dompet elektronik, tiket elektronik.
5. *People*
Orang-orang dapat memantau dan mengontrol kondisi *environment* melalui *mobile apps*.
6. *Service*
Sistem yang dapat mengolah data berdasarkan data yang diperoleh dari sensor. Contoh: *hosting server*, *cloud service*
7. *Platform*
Platform ini merupakan perangkat tengah (middleware) yang menghubungkan komponen-komponen IoT dengan internet. Contoh fungsi: akses ke perangkat, pengoperasian dapat dilakukan dalam sistem *cloud* atau antar perangkat.

8. *Network*

Kombinasi teknologi nirkabel atau kabel dan protokol yang menyediakan konektivitas dan menghubungkan semua komponen IoT

2.3 *Arduino Uno Microcontroller*

Arduino Uno merupakan salah satu *microcontroller* yang dikembangkan oleh Arduino.cc dan menggunakan IC Atmega328 sebagai otaknya[9].



Gambar 2.1: Papan Arduino Uno[1].

Berikut ini adalah beberapa keuntungan dalam menggunakan papan Arduino sebagai pilihan *microcontroller* [10]:

1. Harga Terjangkau

Papan Arduino memiliki harga yang relatif lebih murah dibandingkan dengan *platform microcontroller* yang lain

2. *Cross Platform*

Arduino *Software* (IDE) yang digunakan untuk melakukan proses pemrograman dapat dipasang dalam banyak platform seperti: sistem operasi Windows, Linux, dan Mac.

3. Sederhana

Arduino *Software* (IDE) yang digunakan untuk melakukan proses pemrograman memiliki *environment* yang sederhana.

Hal ini sangat memungkinkan para pengguna baru untuk dapat mengoperasikannya dengan mudah. Tetapi bagi pengguna lanjut atau *advanced* tetap dapat mengambil manfaat dan keuntungan juga

4. Perangkat Keras yang *Open Source* dan *Extensible*

Papan Arduino yang diterbitkan oleh Arduino.cc berada di bawah lisensi *Creative Commons*, sehingga perancang sirkuit yang sudah berpengalaman dapat membuat versi modul mereka sendiri, memperluas dan memperbaiki. Bahkan pengguna yang relatif tidak berpengalaman juga dapat menggunakan breadboard untuk memahami cara kerja dari papan arduino dan menghemat uang.

5. Perangkat Lunak yang *Open Source* dan *Extensible*

Perangkat lunak Arduino diterbitkan sebagai alat yang open source dan tersedia ekstensi untuk pemrogram berpengalaman. Pada standarnya bahasa yang digunakan dalam pemrograman di Arduino Software adalah C/C++. Selain C/C++ dapat juga ditambahkan kode AVR-C secara langsung ke program Arduino jika diperlukan.

2.4 *Long Range Radio Frequency Technology (LoRa)*

LoRa adalah salah satu bagian penting dari Protokol *Low-Power Wide Area Network*. LoRa memiliki target pengembangan terhadap perangkat di mana *end device / end node* hanya memiliki sumber daya terbatas (misal: baterai, *powerbank*), di mana *end device / end node* tidak memerlukan transmisi data yang besar secara langsung dan di mana lalu lintas data dapat diinisiasi dengan baik oleh *end device / end node* (seperti: perangkat yang berfungsi sebagai sensor) atau entitas eksternal yang ingin berkomunikasi dengan *end device / end node* (karena dalam hal ini perangkat berfungsi sebagai aktuator untuk memberikan respon tertentu). Karakteristik LoRa yang *low power* dan *long range* dijadikan sebagai perangkat yang menarik dalam pengembangan infrastruktur seperti pemantauan kesehatan, pengukuran cerdas, pemantauan lingkungan, pengontrolan jarak jauh dan juga dapat diaplikasikan dalam bidang

industri[11].

Tabel 2.1: *Long Range Wireless Interface*[6].

Technology	Wifi	BLE	ZigBee	LoRa	Sigfox
Range	Short	Short	Short	Long	Long
Distance	100 m	50 m	100 m	20 km	50 km
Topology	Star Mesh etc.	Star Mesh	Mesh	Star	Star
Frequency	2.4 GHz	2.4 GHz	868 MHz 915 MHz 2.4 GHz	434 MHz 868 MHz 915 MHz	868 MHz 915 MHz
Current at 3.3v	200 mA	<15 mA	<30 mA	<40 mA	<65 mA

LoRa merupakan sebuah teknologi nirkabel baru yang menggunakan frekuensi radio di mana pengaplikasian koneksinya bisa mencapai 30 km ketika *Line of Sight* (LoS). Di samping itu LoRa *low cost device* dan *low power*, untuk daya bisa menggunakan baterai. Modulasi LoRa berdasarkan pada spread spectrum dan variasi dari Chirp Spread Spectrum (CSS) yaitu metode komunikasi dimana semua sinyal komunikasi disebar di seluruh spektrum frekuensi yang tersedia. LoRa beroperasi pada frekuensi ISM (USA: 433MHz dan 915MHz, EU: 433MHz dan 868MHz).[12].

Arsitektur dasar dari jaringan LORAWAN adalah sebagai berikut:

1. *End device*

Perangkat *low power* yang berkomunikasi dengan *Gateway* menggunakan LoRa.

2. *Gateway*

Perangkat perantara yang meneruskan paket yang berasal dari End device ke jaringan server melalui antarmuka backhaul IP melalui jaringan yang lebih besar, seperti Ethernet atau 3G. Ada beberapa gateway dalam penyebaran LoRa, dan paket data yang sama dapat diterima (dan diteruskan) oleh lebih dari satu gerbang.

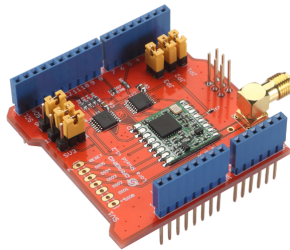
3. *Network Server*

Perangkat yang bertanggung jawab untuk menduplikasi dan *decoding* paket yang dikirim oleh perangkat dan menghasilkan paket yang harus dikirim kembali ke perangkat.

Pada tugas akhir perangkat LoRa yang dipakai adalah produk Dragino dengan *chip* yang dikembangkan oleh Semtech. LoRa terdiri dari dua perangkat, yaitu:

1. *LoRa Shield*

LoRa Shield merupakan sebuah perangkat elektronik yang suitable dengan beberapa tipe *microcontroller* Arduino. Perangkat ini memiliki fungsi utama untuk bekerja sebagai *end device*.



Gambar 2.2: LoRa *Shield* Dragino[2].

LoRa *Shield* Dragino versi 1.4 memiliki spesifikasi yang ditunjukkan oleh tabel 2.2.

2. LoRa Gateway

LoRa Gateway adalah perangkat elektronik yang memiliki fungsi sebagai perantara jaringan komunikasi radio dengan perangkat LoRa lain ke jaringan Internet Protokol pada WiFi, Ethernet dan jaringan selular (3G atau 4G). Perangkat ini berjalan pada sistem operasi Linux; memiliki *port host* USB, Ethernet dan WiFi 802.11 b/g/n. Port USB dapat digunakan untuk menghubungkan modul seluler, sehingga *LoRa Gateway* sangat fleksibel dalam menjembatani jaringan LoRa ke berbagai jenis jaringan agar sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Tabel 2.2: Spesifikasi LoRa *Shield* Dragino v1.4.

<i>Link Budget</i>	<i>maximum 168 dB</i>
<i>RF Output</i>	<i>+20 dBm - 100 mW constant</i>
<i>Efficiency PA</i>	<i>high, +14 dBm</i>
<i>Programmable Bit Rate</i>	<i>up to 300 kbps</i>
<i>Sensitivity</i>	<i>down to -148 dBm</i>
<i>RX Current</i>	<i>low, 10.3 mA</i>
<i>Bullet-proof front end</i>	<i>IIP3 = -12.5 dBm</i>
<i>Blocking Immunity</i>	<i>excellent</i>
<i>Modulation</i>	<i>FSK-GFSK-MSK-GMSK-LoRaTM-OOK</i>
<i>Dynamic Range RSSI</i>	<i>127 dB</i>
<i>Packet Engine</i>	<i>up to 256 bytes with CRC</i>
<i>Built-In</i>	<i>temperature sensor, low battery indicator</i>



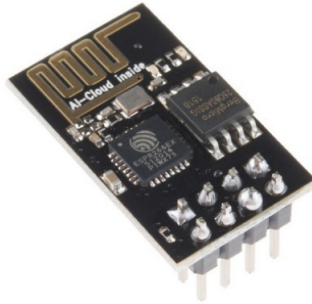
Gambar 2.3: LoRa *Gateway* Dragino[3].

2.5 Modul WiFi ESP8266-01

Modul ESP8266-01 merupakan modul wifi seri pertama yang dikembangkan oleh Tim Ai-Thinker. Modul ini mendukung standar komunikasi IEEE 802.11 b/g/n dan protokol TCP/IP [13].

2.6 Regresi

Istilah regresi pertama kali dalam konsep statistik digunakan oleh Sir Francis Galton dimana yang bersangkutan melakukan kajian yang menunjukkan bahwa tinggi badan anak-anak yang



Gambar 2.4: Modul ESP8266-01 Ai-Thinker[4].

dilahirkan dari para orang tua yang tinggi cenderung bergerak (*regress*) ke arah ketinggian rata-rata populasi secara keseluruhan. Galton memperkenalkan kata regresi (*regression*) sebagai nama proses umum untuk memprediksi satu variabel, yaitu tinggi badan anak dengan menggunakan variabel lain, yaitu tinggi badan orang tua. Pada perkembangan berikutnya hukum Galton mengenai regresi ini ditegaskan lagi oleh Karl Pearson dengan menggunakan data lebih dari seribu. Pada perkembangan berikutnya, para ahli statistik menambahkan istilah regresi berganda (*multiple regression*) untuk menggambarkan proses dimana beberapa variabel digunakan untuk memprediksi satu variabel lainnya.

Regresi dalam pengertian modern menurut Gujarati (2009) adalah sebagai kajian terhadap ketergantungan satu variabel, yaitu variabel tergantung terhadap satu atau lebih variabel lainnya atau yang disebut sebagai variabel variabel eksplanatori dengan tujuan untuk membuat estimasi dan / atau memprediksi rata-rata populasi atau nilai rata-rata variabel tergantung dalam kaitannya dengan nilai-nilai yang sudah diketahui dari variabel eksplanatorinya. Selanjutnya menurut Gujarati meski analisis regresi berkaitan dengan ketergantungan atau dependensi satu variabel terhadap variabel variabel lainnya hal tersebut tidak harus menyiratkan sebab akibat (*causation*). Dalam mendukung pendapatnya ini, Gujarati mengutip pendapat Kendal dan Stuart yang diambil dari buku mereka yang berjudul *The Advanced Statistics* yang terbit pada tahun

1961 yang mengatakan bahwa, suatu hubungan statistik betapapun kuat dan sugestifnya tidak akan pernah dapat menetapkan hubungan sebab akibat (*causal connection*); sedang gagasan mengenai sebab akibat harus datang dari luar statistik, yaitu dapat berasal dari teori atau lainnya.

Sedang menurut Levin dan Rubin, regresi digunakan untuk menentukan sifat-sifat dan kekuatan hubungan antara dua variabel serta memprediksi nilai dari suatu variabel yang belum diketahui dengan didasarkan pada observasi masa lalu terhadap variabel tersebut dan variabel-variabel lainnya. Selanjutnya dalam regresi kita akan mengembangkan persamaan estimasi (*estimating equation*), yaitu rumus matematika yang menghubungkan variabel-variabel yang diketahui dengan variabel-variabel yang tidak diketahui. Setelah dipelajari pola hubungannya, kemudian kita dapat mengaplikasikan analisis korelasi (*correlation analysis*) untuk menentukan tingkatan dimana variabel-variabel tersebut berhubungan. Kesimpulannya, analisis korelasi mengungkapkan seberapa benar persamaan estimasi sebenarnya menggambarkan hubungan tersebut. Lebih lanjut Levin dan Rubin mengatakan bahwa: Kita sering menemukan hubungan sebab akibat antar variabel-variabel; yaitu variabel bebas menyebabkan variabel tergantung berubah. Sekalipun demikian mereka melanjutkan bahwa: penting untuk kita perhatikan bahwa yang kita anggap hubungan (*relationship*) yang ditemukan melalui regresi sebagai hubungan asosiasi (*relationship of association*) tetapi tidak selalu harus sebab dan akibat (*cause and effect*). Kecuali kita mempunyai alasan-alasan khusus untuk percaya bahwa (perubahan pada) nilai-nilai variabel tergantung disebabkan oleh nilai-nilai variabel bebas; jangan menyimpulkan (*infer*) hubungan sebab akibat dari hubungan yang ditemukan dalam regresi[14].

Secara umum Model Regresi yang sering digunakan terdiri dari beberapa model, yaitu: Regresi Linier dan Regresi Non Linier.

1. Regresi Linier Sederhana

Regresi Linier Sederhana digunakan pada hubungan dua variabel (X sebagai variabel bebas dan Y sebagai variabel kontrol) di mana laju perubahan variabel Y konstan dan linier terhadap variabel X . Contoh: laju perubahan volume bahan bakar

terhadap jarak tempuh kendaraan. Bentuk persamaan dari regresi polinomial adalah sebagai berikut:

$$Y = a + bx \quad (2.1)$$

2. Regresi Non Linier

Regresi Non Linier digunakan pada hubungan dua variabel X sebagai variabel bebas dan Y sebagai variabel kontrol di mana laju perubahan variabel Y tidak konstan dan linier terhadap variabel X. Contoh: Produksi padi akan meningkat saat diberi pupuk taraf rendah ke sedang. Tapi jika diberikan pupuk dengan taraf tinggi, malah produksinya akan menurun. Berikut adalah beberapa model regresi non linier:

(a) Regresi Polinomial

Regresi Polinomial adalah regresi dengan satu variabel bebas (x) sebagai faktor dengan pangkat terurut. Bentuk persamaan dari regresi polinomial adalah sebagai berikut:

$$Y = a + bx + cx^2 + \dots + b_n x^n \quad (2.2)$$

(b) Regresi Logaritmik

Regresi Logaritmik adalah regresi di mana variabel bebas (x) berfungsi sebagai perhitungan log. Bentuk persamaan dari regresi logaritmik adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b \log(x) \quad (2.3)$$

(c) Regresi Eksponensial

Regresi Eksponensial adalah regresi di mana variabel bebas (x) berfungsi sebagai pangkat atau eksponen dari bilangan euler. Bentuk persamaan dari regresi eksponen-

sial adalah sebagai berikut:

$$Y = a e^{b*x} \quad (2.4)$$

2.7 *Distance Path-Loss Model*

Distance Path-Loss Model adalah model persamaan untuk mengkonversi kekuatan sinyal menjadi jarak. Kekuatan sinyal yang didapatkan dari jarak *transmitter* dan *receiver*. Model ini merupakan model umum yang berbentuk logaritmik dan sering diaplikasikan pada perangkat berfrekuensi radio seperti wifi, bluetooth dan perangkat lainnya[15]. Berikut adalah bentuk persamaan umum dari konversi kuat sinyal ke jarak.

$$P_1 = P_0 + 10n \log(d) \quad (2.5)$$

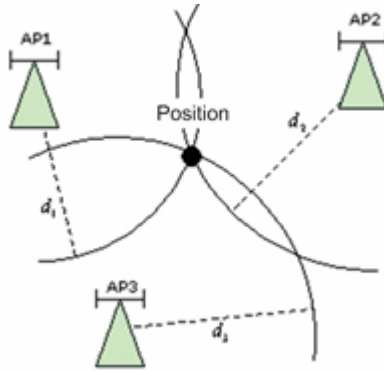
Pada persamaan 2.5 menjelaskan bahwa di mana P_1 merupakan kekuatan sinyal yang diterima oleh *receiver* dalam satuan desibel (db), P_0 merupakan kekuatan sinyal referensi yang diterima (biasanya dalam satu meter, 100 meter atau satu kilometer), n merupakan *path-loss rate* (range nilai 2-6, bernilai 2 ketika dalam kondisi *Line of Sight* dan berubah sesuai dengan kondisi lingkungan), dan d merupakan jarak.

2.8 Trilaterasi

Trilaterasi merupakan teknik penentuan posisi suatu benda. Teknik trilaterasi ini dibedakan menjadi tiga cara, yaitu RSSI, ToA - TDoA, RToF dan RSPM [5][16].

1. *Received Signal Strength Indicator* (RSSI)

Teknik memperkirakan lokasi objek berdasar pada pengukuran redaman sinyal. Sinyal yang diterima pada antenna penerima tergantung pada jarak ukur, penurunan kekuatan sinyal relatif terhadap intensitas sinyal aslinya. Pengukuran RSSI dinyatakan dalam dB, jika pengukuran RSSI menunjukkan hasil negatif atau positif berarti bahwa daya sinyal pada penerima (Rx) berada di bawah atau di atas GRPR (*Golden Receiver*



Gambar 2.5: Metode Trilaterasi[5].

Power Range). Gambar 1 merupakan skema dari metode trilaterasi.

2. *Time of Arrival (ToA)* dan *Time Difference of Arrival (TDoA)*
 ToA adalah cara untuk mengetahui jarak antara *transmitter* (Tx) dan receiver (Rx) berdasarkan lamanya waktu yang ditempuh oleh sinyal radio dari pemancar kepada penerima. Pada teknik TDoA membutuhkan akurasi waktu saat sinkronisasi antara pemancar dan penerima. Perbedaan sinyal yang diterima dari beberapa *transmitter* dan yang dikirim akan dijumlahkan. Sistem penentuan posisi objek menggunakan TDoA bersifat sensitif, karena jalur sinyal antara pemancar dan penerima harus bersih dari halangan rintangan. Pada ToA maupun TDoA keduanya membutuhkan sinkronisasi waktu yang akurat antara transmitter dan receiver.
3. *Round Trip of Flight (RTof)*
 Metode untuk mengetahui jarak dengan cara mengukur waktu yang dibutuhkan oleh sinyal yang dipancarkan kepada penerima dan yang kemudian dipantulkan kembali. Metode ini cocok untuk jarak yang jauh, dan tidak cocok untuk rentang yang pendek. Contoh penerapan metode ini adalah pada radar.
4. *Received Signal Phase Method (RSPM)*

RSPM juga disebut dengan PoA (*Phase of Arrival*) yang merupakan teknik untuk mengetahui wilayah jangkauan pancaran dari sebuah *transmitter* dengan cara mengukur perbedaan fase antara sinyal yang dipancarkan dengan sinyal yang diterima oleh *receiver*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

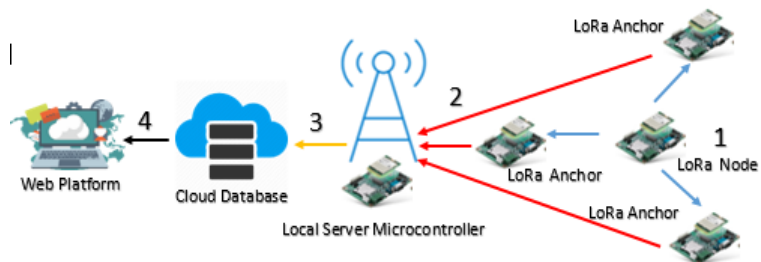
BAB 3

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Tugas Akhir ini dilaksanakan sesuai dengan desain sistem dan implementasinya. Desain sistem merupakan konsep dari pembuatan dan perancangan infrastruktur dan kemudian diwujudkan dalam bentuk blok-blok alur yang harus dikerjakan.

3.1 Desain Sistem

Tugas akhir ini merupakan salah satu bentuk dari penerapan *Embedded System* dan *Internet of Things* yang memiliki tujuan membangun sistem penentuan posisi objek dengan menggunakan perangkat yang hemat daya dan memiliki jangkauan jauh. Proses kerja dari sistem ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Desain Implementasi.

Sistem penentuan posisi objek ini dikerjakan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

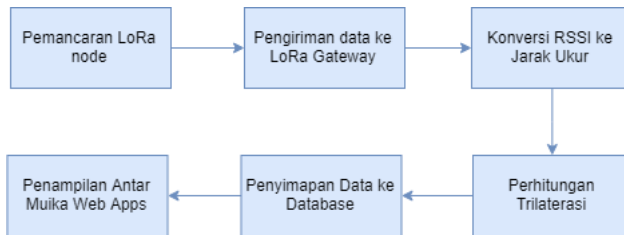
1. Pemancaran Data *LoRa Node* pada objek ke *LoRa Anchor*
LoRa Node berfungsi sebagai pemancar sinyal radio yang akan dikirimkan ke *LoRa Anchor* untuk penentuan posisi objek tersebut.
2. Pengiriman Data ke *LoRa Gateway*
Data yang sudah diterima oleh seluruh *LoRa Anchor* berisi id

objek dan RSSI akan diteruskan ke LoRa *Gateway*

3. Pengiriman Data ke *Database*
Setelah seluruh data dari LoRa *Anchor* yang berisi id *Anchor*, id objek, RSSI dan jarak akan di-*store* ke *online database*.
4. Menampilkan Informasi *Mapping* dalam *Web Apps*
Setelah data koordinat posisi relatif dari objek tersimpan di dalam *database*, data tersebut akan disajikan berupa informasi *mapping* dalam *web apps*.

3.2 Alur Kerja Sistem

Pengerjaan tugas akhir ini perlu dibagi menjadi beberapa tahapan yang lebih detail supaya lebih mudah untuk dipahami dan dikerjakan terlihat pada Gambar 3.2, yaitu :



Gambar 3.2: Alur Kerja Sistem.

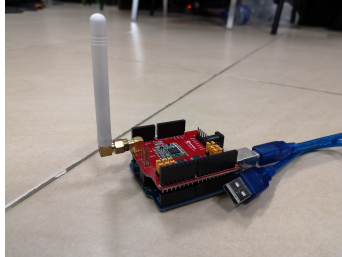
1. Pemancaran LoRa *Node*.
2. Pembacaan RSSI
3. Pengiriman Data ke Lora *Gateway*
4. Konversi RSSI ke Jarak.
5. Perhitungan Trilaterasi.
6. Penyimpanan Data pada *Database*.
7. Penampilan Antar Muka *Web Apps*.

3.3 Konfigurasi Perangkat

Tahapan ini adalah penjelasan perangkat-perangkat utama yang digunakan dalam sistem pada Tugas Akhir ini.

3.3.1 LoRa *Node*

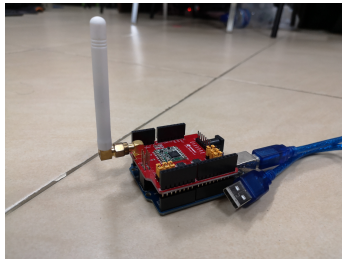
Perangkat LoRa *Node* terdiri dari dua device yaitu Arduino Uno sebagai *microcontroller*, LoRa Shield sebagai penyedia komunikasi radio agar dapat berfungsi untuk memancarkan id dan kuat sinyal.



Gambar 3.3: Perangkat LoRa *Node*.

3.3.2 LoRa *Anchor*

Perangkat LoRa *Anchor* terdiri dari dua perangkat yaitu Arduino Uno sebagai *microcontroller*, LoRa *Shield* sebagai penyedia komunikasi radio agar dapat berfungsi untuk menerima data dari LoRa *Node* dan meneruskan ke *Gateway*.



Gambar 3.4: Perangkat LoRa *Anchor*.

3.3.3 LoRa *Gateway*

Perangkat LoRa *Anchor* terdiri dari tiga perangkat yaitu Arduino Uno sebagai *microcontroller*, LoRa *Shield* sebagai penyedia ko-

munikasi radio dan ESP8266 sebagai modul komunikasi data ke server agar dapat berfungsi untuk menerima data dari LoRa *Node* dan meneruskan ke *Gateway*.



Gambar 3.5: Perangkat LoRa *Gateway*.

3.4 Pemancaran LoRa *Node*

Tahapan ini adalah kondisi LoRa *Node* akan memancarkan data berupa id dan kuat sinyal ke LoRa *Anchor* sebagai penerima data. Gambar 3.6 merupakan diagram alir dari proses pemancaran LoRa sinyal *Node* yang membawa informasi mengenai id dari sebuah objek. Perangkat LoRa *Node* aktif dan memulai proses inialisasi koneksi LoRa *Shield* terhadap *microcontroller* dan *set* id dari LoRa *Node*. Selanjutnya setiap satuan waktu akan mengirimkan informasi id yang sudah diset sebelumnya ke LoRa *Anchor*.

3.4.1 Konfigurasi LoRa *Node*

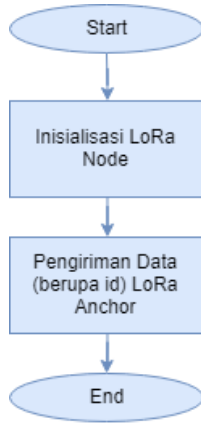
Pemasangan LoRa *Shield* pada Arduino Uno menggunakan *library* RadioHead untuk dapat berkomunikasi serta dapat dengan mudah merubah pengaturannya seperti frekuensi, *bandwidth*, dan *tx power* yang merupakan bagian penting pada Tugas Akhir ini.

3.4.2 Pemancaran Data ke LoRa *Anchor*

Data yang dikirimkan oleh LoRa *Node* ke LoRa *Anchor* hanya satu *item* tipe data *string* berupa id objek.

3.5 Pemrosesan Data pada LoRa *Anchor*

Pada tahap pemrosesan data pada LoRa *Anchor* terdiri dari dua fungsi yaitu: Penerimaan data dan pengiriman data ke LoRa



Gambar 3.6: *Flowchart LoRa Node.*

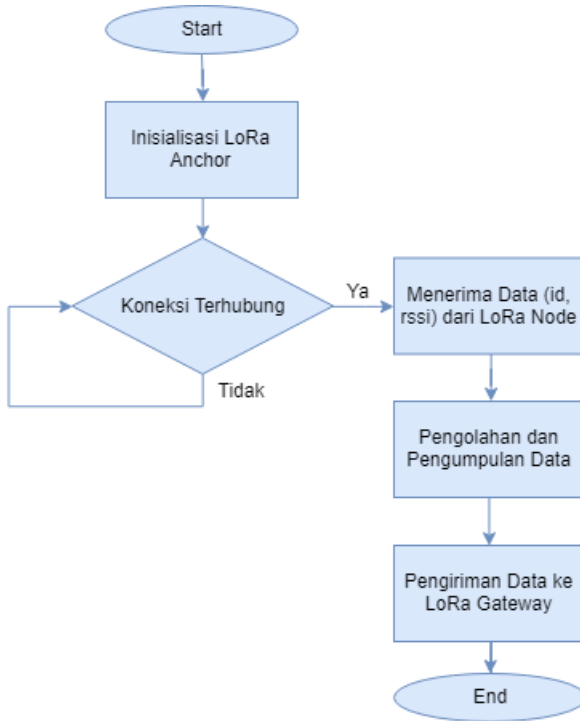
Tabel 3.1: Data yang dikirim oleh LoRa *Node*.

1
id objek

Gateway. Sesuai dengan diagram alir dari gambar 3.7 menjelaskan bahwa setelah perangkat aktif, selanjutnya melakukan inisialisasi dari LoRa *Shield* terhadap *microcontroller* dan *set* id dari LoRa *Anchor*. Setelah itu perangkat akan berada pada kondisi *stand by* untuk menunggu koneksi yang akan terhubung dari LoRa *Node*. Ketika tidak ada yang terhubung maka perangkat berada dalam kondisi *looping*. Sebaliknya, jika ada LoRa *Node* yang terhubung maka perangkat akan menerima data berupa id *Node* dan RSSI. Setelah itu data yang diterima diolah untuk digabungkan dengan id *anchor*. kemudian data yang sudah digabungkan akan dikirim ke LoRa *Gateway*.

3.5.1 Penerimaan Data pada LoRa *Anchor*

Pembacaan RSSI ini merupakan proses penerimaan data oleh LoRa *Anchor* dari LoRa *Node*. Jumlah data yang diterima satu *item* tipe data *string* berisi id objek dan RSSI.



Gambar 3.7: *Flowchart LoRa Anchor.*

Tabel 3.2: Data yang diterima oleh LoRa *Anchor*.

1	2
id objek	RSSI

3.5.2 Pengiriman Data ke LoRa *Gateway*

Pengiriman Data ke LoRa *Gateway* ini berfungsi meneruskan data yang diterima dari LoRa *Node* ke LoRa *Gateway* untuk mengakses *server* dan mengirim data ke *database*.

3.6 Pemrosesan Data pada LoRa Gateway

LoRa *Anchor* selain berfungsi sebagai *receiver* data dari LoRa *Node* juga memiliki tugas untuk meneruskan data yang diterima untuk dikirimkan ke LoRa *Gateway*. Sesuai dengan diagram alir dari gambar 3.8 menjelaskan bahwa setelah perangkat aktif, selanjutnya melakukan inisialisasi dari LoRa *Shield* dan ESP8266 untuk terhubung dengan *microcontroller*. *set* Id dari LoRa *Anchor*. Setelah itu perangkat akan berada pada kondisi *stand by* untuk menunggu koneksi yang akan terhubung dari LoRa *Node*. Ketika tidak ada yang terhubung maka perangkat berada dalam kondisi *looping* untuk menunggu. Sebaliknya, jika ada LoRa *Anchor* yang terhubung maka perangkat akan menerima data berupa id *anchor*, id *node* dan RSSI *node*. Setelah itu data yang diterima diolah untuk digabungkan dengan perintah koneksi pada TCP/IP. Kemudian data yang sudah digabungkan akan dikirim ke *server*.

3.6.1 Penerimaan Data pada LoRa Gateway

Pada tahap ini data yang diterima berupa satu item data tipe *string* berisi id anchor, id objek dan RSSI.

Tabel 3.3: Data yang diterima oleh LoRa *Gateway*.

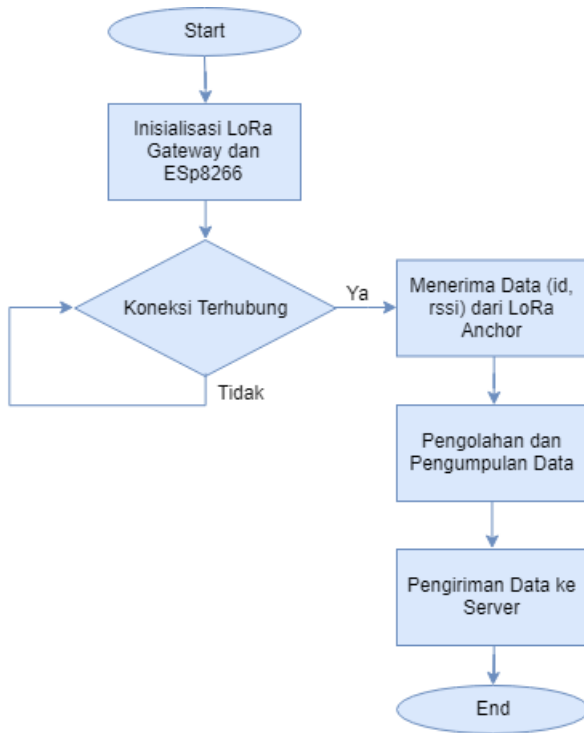
1	2	3
id LoRa Anchor	id Objek	RSSI

3.6.2 Pengiriman Data ke *Server*

Data yang sudah diterima akan dikirimkan ke *database* dan diolah pada server dengan menggunakan koneksi protokol TCP/IP. Pengiriman data ini membutuhkan fasilitas internet yang bersifat *wireless* karena LoRa Gateway dilengkapi dengan modul wifi ESP8266-01. Server yang digunakan adalah *shared hosting* yang telah disewa. Protokol TCP/IP menggunakan metode dengan perintah GET. Perintah GET ini sudah diprogram dalam *source code* yang berada atau berjalan di *microcontroller* Arduino.

3.7 Konversi RSSI ke Jarak

Pada saat data yang didapatkan oleh LoRa *Gateway* dikirimkan ke server, LoRa *Gateway* akan mengakses file php di mana me-



Gambar 3.8: *Flowchart LoRa Gateway.*

memiliki fungsi untuk menghitung konversi RSSI menjadi jarak ukur / jarak sebenarnya dan *push* data ke database.

Konversi RSSI ke Jarak sebenarnya akan menggunakan model persamaan terbaik dari Distance Path-Loss, Regresi Polinomial dan Regresi Eksponensial yang dibahas dari pengujian.

3.8 Perhitungan Trilaterasi

Pada tahap ini kondisi semua data yang diperlukan untuk proses perhitungan trilaterasi sudah terkumpul pada *database*. Setelah itu *file php* yang berada di server.

Perhitungan Trilaterasi akan menggunakan rumus sebagai berikut [17]:

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{AY_{32} + BY_{13} + CY_{21}}{2(x_1Y_{32} + x_2Y_{13} + x_3Y_{21})} \\
 y &= \frac{AX_{32} + BX_{13} + CX_{21}}{2(y_1X_{32} + y_2X_{13} + y_3X_{21})}
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

where

$$\begin{aligned}
 A &= x_1^2 + y_1^2 - d_1^2 \\
 B &= x_2^2 + y_2^2 - d_2^2 \\
 C &= x_3^2 + y_3^2 - d_3^2
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

$$\begin{aligned}
 X_{32} &= (x_3 - x_2) \\
 X_{13} &= (x_1 - x_3) \\
 X_{21} &= (x_2 - x_1)
 \end{aligned}
 \tag{3.3}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{32} &= (y_3 - y_2) \\
 Y_{13} &= (y_1 - y_3) \\
 Y_{21} &= (y_2 - y_1)
 \end{aligned}
 \tag{3.4}$$

3.9 Penyimpanan Data ke *Database*

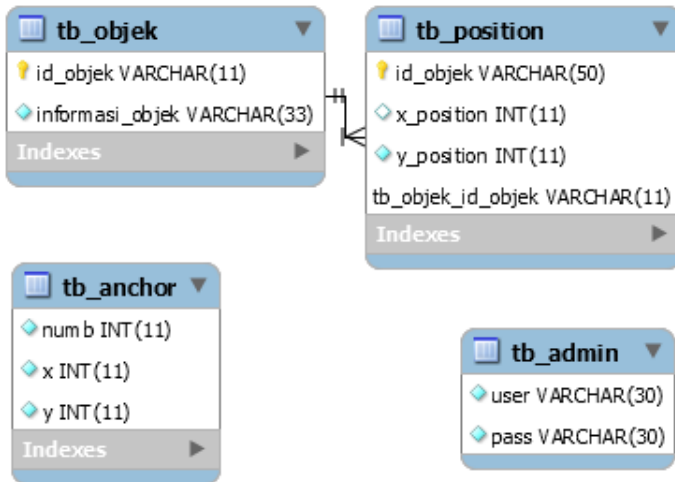
Setelah perhitungan trilaterasi pada tahap sebelumnya, hasil data yang diolah akan di-post ke dalam *database* dengan menggunakan *query* pada *file php* di *hosting*.

Pada tugas akhir ini desain *database* yang digunakan sesuai dengan Gambar 3.9 dan berikut ini penjelasannya:

1. Tabel "tb_admin"
 "tb_admin" merupakan tabel list admin yang memiliki hak untuk mengakses halaman *web apps*. Pada tabel ini terdiri dari 2 kolom, yaitu: user dan password.
2. Tabel "tb_objek"
 "tb_objek" merupakan tabel list objek yang terdaftar dan ter-

monitoring dalam sistem. Pada tabel ini terdiri dari 2 kolom, yaitu: id_objek, informasi_objek.

3. Tabel "tb_position"
"tb_position" merupakan tabel list posisi dari objek-objek yang sudah terdaftar pada map. Pada tabel ini terdiri dari 3 kolom, yaitu: id_objek, x_position, y_position.
4. Tabel "tb_anchor"
"tb_anchor" merupakan tabel list posisi *fix* dari penempatan LoRa *anchor*. Pada tabel ini terdiri dari 3 kolom, yaitu: numb, x, y.



Gambar 3.9: Desain *Database*.

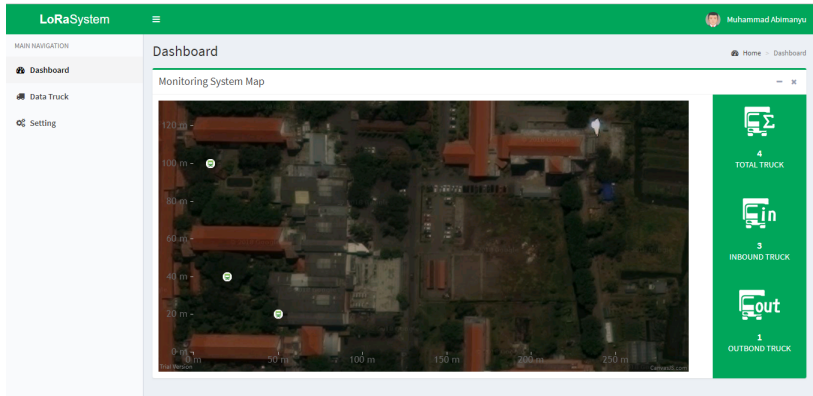
3.10 Penampilan Antar Muka *Web Apps*

Di tahap ini adalah proses visualisasi data yang sudah terkumpul dan diolah ke dalam bentuk antar muka *Web Apps*.

3.10.1 *Dashboard*

Pada halaman dashboard menampilkan informasi-informasi yang berisi mapping beserta posisi objek yang sedang *ter-monitoring* te-

masuk informasi detail objek (seperti id objek, dan informasi objek), jumlah objek yang telah terdaftar.



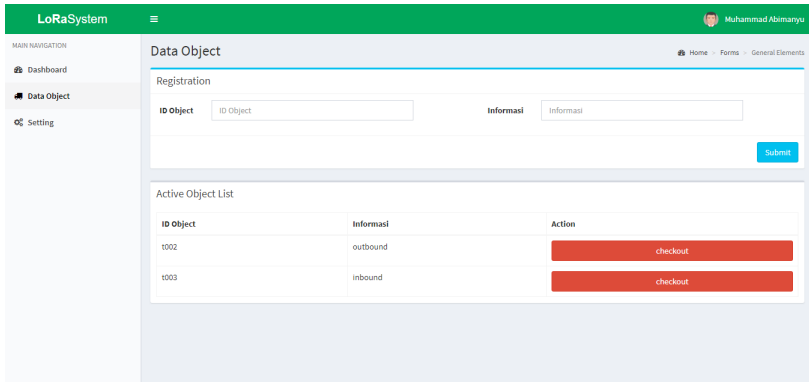
Gambar 3.10: *Dashboard.*

3.10.2 *List* Data Objek

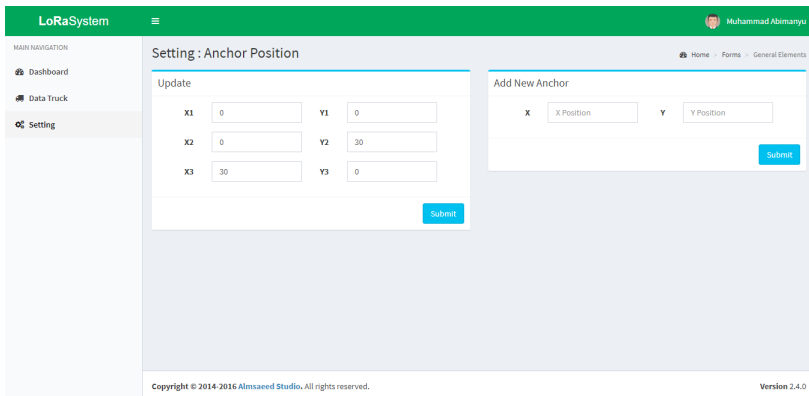
Pada bagian atas dari halaman *List* Data Objek tersedia form registrasi untuk mendaftarkan objek supaya bisa terpantau oleh sistem. Halaman ini juga memberikan informasi mengenai objek yang aktif teregistrasi dalam sistem. Data objek berisi informasi tentang ID Objek dan Informasi Objek. Di bagian atas data objek tersedia form registrasi untuk mendaftarkan objek supaya bisa termonitoring oleh sistem.

3.10.3 *Settings*

Halaman *Settings* ini berfungsi sebagai pengaturan terhadap posisi relatif (koordinat x,y) dari LoRa *Anchor*. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pemasangan dan penempatan LoRa *Anchor* sesuai dengan kebutuhan. Karena jumlah LoRa *Anchor* bisa ditambahkan lebih dari tiga, maka pengaturannya pun disediakan "Add new LoRa Anchor" untuk menambah jumlah dan posisi dari LoRa *Anchor*.



Gambar 3.11: *List Data Objek.*



Gambar 3.12: *Settings.*

BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibuat. Pengujian dilakukan guna mengetahui tingkat akurasi dan tingkat efisiensi sistem serta menarik kesimpulan dari sistem yang telah dibuat. Secara garis besar, pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Akuisisi Jarak meliputi pengujian ketepatan jarak asli dan jarak ukur. Pengujian pada tahap ini bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran dengan jarak asli untuk mengetahui seberapa akurat jarak ukur yang dilakukan oleh sistem.
2. Pengujian Trilaterasi - meliputi ketepatan penentuan posisi LoRa *Node*. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan posisi ukur dan posisi asli sehingga bisa mengetahui tingkat keakurasian.

4.1 Pengujian Akuisisi Jarak

Pengujian utama yang dilakukan dalam tugas akhir ini mengenai Akuisi Jarak. Akuisisi jarak ini memiliki konsep data yang diolah merupakan data RSSI berupa kuat sinyal dengan satuan desibel (db) akan dikonversikan menjadi data jarak ukur yang berupa pendekatan jarak asli dengan satuan meter (m).

4.1.1 Pengujian Pengambilan Data RSSI

Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan pembacaan terhadap data RSSI antara *transmitter* dan *receiver* pada perangkat LoRa. Pengujian pertama ini untuk melihat karakteristik dari perangkat LoRa itu sendiri.

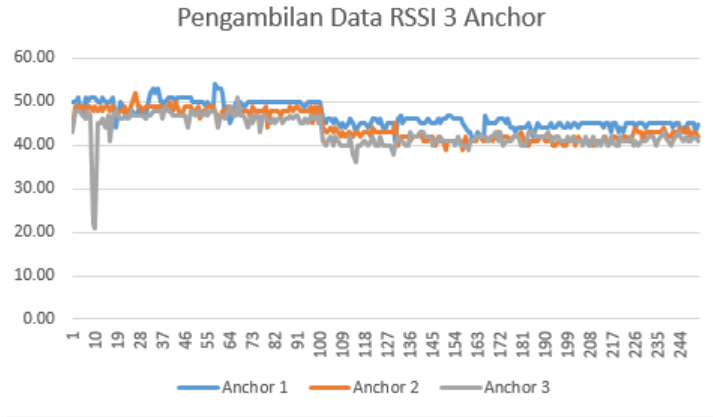
Tabel 4.1 merupakan penggambaran data RSSI yang diterima relatif stabil, yaitu rata-rata data berada di angka -45,0533 db. Jumlah data yang diambil berjumlah 150 tapi hanya ditampilkan sejumlah 20 data.

Tabel 4.1: Data RSSI dengan jarak 1 meter.

Data ke-	RSSI (db)
1	-45
2	-45
3	-45
4	-45
5	-45
6	-45
7	-44
8	-45
9	-45
10	-45
11	-45
12	-45
13	-45
14	-44
15	-45
16	-44
17	-45
18	-45
19	-45
20	-45
Rata-Rata	-45.0533

Gambar 4.1 merupakan data RSSI dengan jarak 1 meter yang diambil dari tiga *Anchor* dalam waktu bersamaan. Pengambilan data dilakukan dalam setiap detik sampai 250 kali pengambilan. Hasil yang diperoleh bahwa data RSSI tidak stabil atau ada perubahan karena dipengaruhi oleh hardware dan lingkungan. Data RSSI menunjukkan nilai yang relatif stabil ketika pengambilan setelah data ke-100. Nilai dari 3 *anchor* relatif sama dengan perbedaan antara -1db sampai -5db.

Tabel 4.2 merupakan data sample RSSI dan Jarak yang diambil untuk proses penentuan model persamaan konversi RSSI ke Jarak Ukur. Pengambilan data sampel ini dilakukan pada kondisi



Gambar 4.1: Data RSSI dengan Jarak 1 meter dari tiga *Anchor*.

si *Line of Sight* (LoS) dengan validasi data dari pengukuran jarak sebenarnya secara langsung menggunakan alat ukur jarak. Sampel yang diambil sejumlah 40 data karena untuk menentukan hubungan korelasi antara RSSI dengan jarak sebenarnya.

Pada gambar 4.2 menyajikan data *trend* hubungan antara RSSI dan jarak. Data *trend* yang tergambarakan pada grafik berbentuk eksponensial dan polinomial yang mana data *trend* ini digunakan untuk proses akuisisi data RSSI menjadi jarak ukur.

4.1.2 Pengujian Model Persamaan *Distance Path-loss* untuk Konversi RSSI ke Jarak

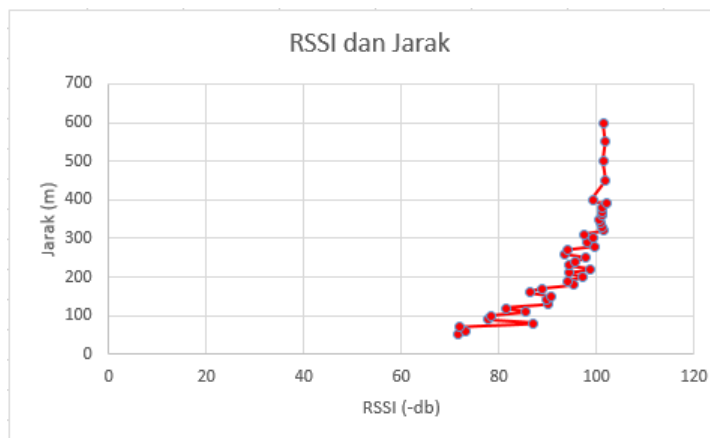
Dengan pengolahan rumus persamaan dari model *Distance Path-Loss* untuk akuisi jarak dari data sample yang sudah diambil. Dari Tabel 4.3 terlihat bahwa dengan jumlah 40 data sampel, model ini memiliki rata-rata error 135.73 meter atau sebesar 53%.

4.1.3 Pengujian Model Persamaan Regresi Polinomial untuk Konversi RSSI ke Jarak

Berdasarkan perhitungan situs online regresi polinomial[18], didapatkan model persamaan rumus untuk konversi RSSI ke jarak

Tabel 4.2: Data sample RSSI dan Jarak.

Numb	RSSI (-db)	Distance (m)	Numb	RSSI (-db)	Distance (m)
1	71.5	50	21	97.7	250
2	73	60	22	93.4	260
3	71.8	70	23	94.1	270
4	87.1	80	24	99.5	280
5	77.8	90	25	98.2	290
6	78.4	100	26	99.3	300
7	85.5	110	27	97.4	310
8	81.5	120	28	101.5	320
9	90	130	29	101.2	330
10	89.7	140	30	100.7	340
11	90.6	150	31	100.5	350
12	86.3	160	32	101.2	360
13	88.8	170	33	101.3	370
14	95.2	180	34	101.1	380
15	94.2	190	35	102	390
16	97.2	200	36	99.2	400
17	94.3	210	37	101.7	450
18	98.8	220	38	101.4	500
19	94.3	230	39	101.8	550
20	95.6	240	40	101.3333333	600



Gambar 4.2: Bentuk Data Sampel RSSI dan Jarak.

ukur sebagai berikut:

$$y = 0.0003702866743x^5 - 0.1598839557x^4 + 27.53936759x^3 - 2364.839806x^2 + 101224.8254x - 1727584.885 \quad (4.1)$$

Rumus persamaan model regresi polinomial yang didapatkan untuk akuisisi jarak akan dikorelasikan dengan data sample yang sudah diambil. Dari Tabel 4.4 terlihat bahwa dengan jumlah 40 data sampel, model ini memiliki rata-rata error 40.59 meter atau sebesar 17%.

4.1.4 Pengujian Model Persamaan Regresi Eksponensial untuk Konversi RSSI ke Jarak

Berdasarkan perhitungan situs online regresi eksponensial[19], didapatkan model persamaan rumus untuk konversi RSSI ke jarak ukur sebagai berikut:

$$y = 0.281703187 e^{0.07145162036 x} \quad (4.2)$$

Rumus persamaan model regresi eksponensial yang didapatkan untuk akuisi jarak akan dikorelasikan dengan data sampel yang sudah diambil. Dari Tabel 4.5 terlihat bahwa dengan jumlah 40 data sampel, model ini memiliki rata-rata *error* 45.07 meter atau sebesar 19%.

4.1.5 Penentuan Model Persamaan Terbaik untuk Konversi RSSI ke Jarak

Setelah kita melakukan pengujian terhadap beberapa model persamaan untuk konversi RSSI ke Jarak, dengan menghitung jumlah rata-rata dari tingkat *error* dan sesuai dengan tabel 4.6 didapatkan bahwa model persamaan terbaik adalah Regresi Polinomial dengan tingkat rata-rata *error* 40.54 m atau sebesar 17%.

4.2 Pengujian Trilaterasi

Pengujian Trilaterasi bertujuan untuk menentukan koordinat posisi objek dari hasil proses akuisisi jarak. Pengujian pertama dilakukan pada area 30 meter x 30 meter dengan *anchor* 1 ditempatkan

pada koordinat (0 m,0 m), *anchor* 2 ditempatkan pada koordinat (0 m, 30 m), dan *anchor* 3 ditempatkan pada koordinat (30 m, 0 m). Pengujian ini dilakukan pada kondisi *Line of Sight* (LoS) dan skema penempatan *anchor* sesuai dengan Gambar 4.3.



Gambar 4.3: Skema Penempatan *Anchor* 30 m x 30 m.

Tabel 4.7 merupakan hasil pengujian akuisisi jarak untuk merubah RSSI ke jarak ukur beserta trilaterasi untuk menentukan posisi koordinat x dan y. Dari tabel tersebut bisa dilihat bahwa untuk coverage area 30 meter x 30 meter tingkat *error* terjadi pada jangkauan 3.725 meter sampai dengan 16.66 meter.

Tabel 4.7: Pengujian Trilaterasi dengan Area 30 m x 30 m.

Location				Error				
Exact (m)		Observed (m)		Distance (m)		Prosentase (%)		Distance (m)
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X,Y
5	5	12.064	12.173	7.064	7.173	141%	143%	10.06737429
11	7	14.795	15.665	3.795	8.665	35%	124%	9.459611514
18.04	11.58	15.606	14.4	2.434	2.82	13%	24%	3.725151809
26.5	24.87	15.738	15.178	10.762	9.692	41%	39%	14.48293851
26.7	2.5	16.435	15.622	10.265	13.122	38%	525%	16.66004529

Pengujian kedua dilakukan pada area 140 meter x 170 meter dengan *anchor* 1 ditempatkan pada koordinat (0 m,0 m), *anchor* 2 ditempatkan pada koordinat (0 m, 170 m), dan *anchor* 3 ditempatkan pada koordinat (140 m, 170 m). Seluruh *anchor* ditempatkan

pada gedung dengan ketinggian kurang lebih 40 m dan skema penempatan *anchor* sesuai dengan Gambar 4.4.



Gambar 4.4: Skema Penempatan *Anchor* dengan area 140 m x 170 m.

Tabel 4.8 merupakan hasil pengujian akuisi jarak untuk merubah RSSI ke jarak ukur beserta trilaterasi untuk menentukan posisi koordinat x dan y . Dari tabel tersebut bisa dilihat bahwa untuk *coverage* area 140 meter x 170 meter tingkat *error* terjadi pada jangkauan 12.5 meter sampai dengan 104.66 meter.

Tabel 4.8: Pengujian Trilaterasi dengan Area 140 m x 170 m.

Location				Error				
Exact (m)		Observed (m)		Distance (m)		Prosentase (%)		Distance (m)
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X,Y
54.76	73.68	46.75	83.28	8.01	9.59	15%	13%	12.49683532
154.04	146.17	70.84	82.67	83.20	63.50	54%	43%	104.6615889
91.19	51.94	64.50	82.10	26.68	30.16	29%	58%	40.27138114

Tabel 4.3: Data Pengujian Konversi RSSI ke Jarak dengan *Distance Path-Loss*.

Numb	RSSI (-db)	Distance (m)		Error	
		Exact	Observed	Distance (m)	Persentase (%)
1	71.5	50	21.1348904	28.8651096	58%
2	73	60	25.11886432	34.88113568	58%
3	71.8	70	21.87761624	48.12238376	69%
4	87.1	80	127.3503081	47.3503081	59%
5	77.8	90	43.65158322	46.34841678	51%
6	78.4	100	46.77351413	53.22648587	53%
7	85.5	110	105.9253725	4.074627482	4%
8	81.5	120	66.83439176	53.16560824	44%
9	90	130	177.827941	47.827941	37%
10	89.7	140	171.7908387	31.79083872	23%
11	90.6	150	190.5460718	40.5460718	27%
12	86.3	160	116.1448614	43.85513862	27%
13	88.8	170	154.8816619	15.11833811	9%
14	95.2	180	323.5936569	143.5936569	80%
15	94.2	190	288.4031503	98.40315031	52%
16	97.2	200	407.3802778	207.3802778	104%
17	94.3	210	291.7427014	81.7427014	39%
18	98.8	220	489.7788194	269.7788194	123%
19	94.3	230	291.7427014	61.7427014	27%
20	95.6	240	338.8441561	98.84415614	41%
21	97.7	250	431.5190768	181.5190768	73%
22	93.4	260	263.0267992	3.02679919	1%
23	94.1	270	285.1018268	15.10182675	6%
24	99.5	280	530.8844442	250.8844442	90%
25	98.2	290	457.0881896	167.0881896	58%
26	99.3	300	518.8000389	218.8000389	73%
27	97.4	310	416.8693835	106.8693835	34%
28	101.5	320	668.3439176	348.3439176	109%
29	101.2	330	645.654229	315.654229	96%
30	100.7	340	609.5368972	269.5368972	79%
31	100.5	350	595.6621435	245.6621435	70%
32	101.2	360	645.654229	285.654229	79%
33	101.3	370	653.1305526	283.1305526	77%
34	101.1	380	638.2634862	258.2634862	68%
35	102	390	707.9457844	317.9457844	82%
36	99.2	400	512.861384	112.861384	28%
37	101.7	450	683.9116473	233.9116473	52%
38	101.4	500	660.693448	160.693448	32%
39	101.8	550	691.8309709	141.8309709	26%
40	101.3333333	600	655.6418494	55.64184942	9%
Rata-Rata				135.7269541	53%

Tabel 4.4: Data Pengujian Konversi RSSI ke Jarak dengan Regresi Polinomial.

Numb	RSSI (-db)	Distance (m)		Error	
		Exact	Observed	Distance (m)	Persentase (%)
1	71.5	50	45.8564019	4.143598104	8%
2	73	60	85.88454088	25.88454088	43%
3	71.8	70	56.41478396	13.58521604	19%
4	87.1	80	132.357505	52.35750498	65%
5	77.8	90	97.45971626	7.45971626	8%
6	78.4	100	95.24855365	4.751446347	5%
7	85.5	110	115.6531033	5.653103312	5%
8	81.5	120	91.46273632	28.53726368	24%
9	90	130	165.3951071	35.39510707	27%
10	89.7	140	162.0131357	22.01313568	16%
11	90.6	150	172.0581953	22.05819532	15%
12	86.3	160	123.7044918	36.29550824	23%
13	88.8	170	151.7261778	18.27382217	11%
14	95.2	180	221.5887188	41.58871878	23%
15	94.2	190	210.0167083	20.01670834	11%
16	97.2	200	252.5318853	52.53188527	26%
17	94.3	210	211.1136901	1.113690078	1%
18	98.8	220	292.6519978	72.65199781	33%
19	94.3	230	211.1136901	18.88630992	8%
20	95.6	240	226.7312756	13.26872442	6%
21	97.7	250	263.1019295	13.10192953	5%
22	93.4	260	201.5182582	58.48174181	22%
23	94.1	270	208.929415	61.07058501	23%
24	99.5	280	317.2796035	37.27960355	13%
25	98.2	290	275.333013	14.66698703	5%
26	99.3	300	309.7008075	9.700807538	3%
27	97.4	310	256.5795613	53.42043868	17%
28	101.5	320	423.9715525	103.9715525	32%
29	101.2	330	403.7523893	73.75238926	22%
30	100.7	340	373.6911966	33.69119658	10%
31	100.5	350	362.8394899	12.83948988	4%
32	101.2	360	403.7523893	43.75238926	12%
33	101.3	370	410.3013795	40.30137952	11%
34	101.1	380	397.3881353	17.38813533	5%
35	102	390	461.7016092	71.7016092	18%
36	99.2	400	306.0805432	93.91945681	23%
37	101.7	450	438.4352878	11.56471218	3%
38	101.4	500	417.0395854	82.96041463	17%
39	101.8	550	445.9764834	104.0235166	19%
40	101.3333333	600	412.5262011	187.4737989	31%
Rata-Rata				40.53820816	17%

Tabel 4.5: Data Pengujian Konversi RSSI ke Jarak dengan Regresi Eksponensial.

Numb	RSSI (-db)	Distance (m)		Error	
		Exact	Observed	Distance (m)	Persentase (%)
1	71.5	50	46.61347046	3.38652954	7%
2	73	60	51.88693351	8.113066495	14%
3	71.8	70	47.62343877	22.37656123	32%
4	87.1	80	142.1005411	62.10054105	78%
5	77.8	90	73.11508988	16.88491012	19%
6	78.4	100	76.31776526	23.68223474	24%
7	85.5	110	126.7494433	16.74944326	15%
8	81.5	120	95.24054735	24.75945265	21%
9	90	130	174.8178442	44.81784423	34%
10	89.7	140	171.110416	31.11041598	22%
11	90.6	150	182.4754264	32.47542637	22%
12	86.3	160	134.2056797	25.79432029	16%
13	88.8	170	160.4532459	9.546754111	6%
14	95.2	180	253.4820388	73.48203877	41%
15	94.2	190	236.002252	46.00225196	24%
16	97.2	200	292.4214865	92.42148646	46%
17	94.3	210	237.694565	27.69456502	13%
18	98.8	220	327.8377433	107.8377433	49%
19	94.3	230	237.694565	7.694565021	3%
20	95.6	240	260.831242	20.83124197	9%
21	97.7	250	303.0573369	53.05733695	21%
22	93.4	260	222.8903733	37.10962673	14%
23	94.1	270	234.3219877	35.67801234	13%
24	99.5	280	344.6519045	64.65190446	23%
25	98.2	290	314.0800308	24.08003082	8%
26	99.3	300	339.7617413	39.76174129	13%
27	97.4	310	296.6302852	13.36971481	4%
28	101.5	320	397.5967004	77.59670035	24%
29	101.2	330	389.1647165	59.1647165	18%
30	100.7	340	375.5069124	35.50691239	10%
31	100.5	350	370.1789567	20.1789567	6%
32	101.2	360	389.1647165	29.1647165	8%
33	101.3	370	391.9553192	21.95531924	6%
34	101.1	380	386.393982	6.393982001	2%
35	102	390	412.0579464	22.05794638	6%
36	99.2	400	337.342741	62.65725904	16%
37	101.7	450	403.3192774	46.6807226	10%
38	101.4	500	394.7659327	105.2340673	21%
39	101.8	550	406.211379	143.788621	26%
40	101.3333333	600	392.8899599	207.1100401	35%
Rata-Rata				45.073993	19%

Tabel 4.6: Perbandingan *Error* Model Persamaan untuk Konversi RSSI ke Jarak.

	Model	Distance Path-Loss	Polinomial Regression	Exponential Regression
Error	Distance (m)	135.73 m	40.54 m	45.07 m
	Percentage (%)	53%	17%	19%

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem dapat memantau posisi koordinat objek dengan IoT dan dapat diakses secara *remote*.
2. *Range error* penentuan koordinat posisi dengan menggunakan perangkat LoRa sebesar 3.73 meter sampai dengan 16.66 meter dalam *coverage* area 30 meter x 30 meter.
3. *Range error* penentuan koordinat posisi dengan menggunakan perangkat LoRa sebesar 12.5 meter sampai dengan 104.66 meter dalam *coverage* area 140 meter x 170 meter.
4. Error konversi RSSI ke Jarak Ukur dengan menggunakan Regresi Polinomial mencapai 79%

5.2 Saran

Terdapat beberapa saran sebagai langkah lanjutan dari tugas akhir ini yang dijabarkan sebagai berikut :

1. Membuat protokol yang lebih baik dalam melakukan komunikasi antar perangkat LoRa.
2. Melakukan pengujian dengan posisi objek yang bergerak.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Arduino - counterfeit.” <https://www.arduino.cc/en/products/counterfeit>. Terakhir diakses pada tanggal 18 Januari 2018. (Dikutip pada halaman xvii, 7).
- [2] “Lora shield for arduino.” <http://www.dragino.com/products/module/item/102-lora-shield.html>. Terakhir diakses pada tanggal 18 Januari 2018. (Dikutip pada halaman xvii, 10).
- [3] “Lg01-s iot gateway featuring lora technology.” <http://www.dragino.com/products/lora/item/119-lg01-s.html>. Terakhir diakses pada tanggal 18 Januari 2019. (Dikutip pada halaman xvii, 11).
- [4] “Esp8266 serial wifi wireless transceiver networking module for arduino.” <https://www.itead.cc/esp8266-serial-wifi-module.html>. Terakhir diakses pada tanggal 18 Januari 2019. (Dikutip pada halaman xvii, 12).
- [5] Y. E. Rohmadi, Widyawan, and W. Najib, “Teknik positioning pada bluetooth,” in Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2015, Februari 2015. (Dikutip pada halaman xvii, 15, 16).
- [6] M. Ulfa, “Coast panic-sistem pemantauan kondisi darurat pada alur pelayaran barat dan timur surabaya menggunakan teknologi lorawan,” bachelor thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018. (Dikutip pada halaman xix, 9).
- [7] G. M. Giaglis, A. Pateli, K. Fouskas, P. Kourothanassis, and A. Tsamakos, “On the potential use of mobile positioning technologies in indoor environments,” Juni 2012. (Dikutip pada halaman 5).
- [8] “What makes up the internet of things?.” <https://www.computer.org/web/sensing-iot/content?g=53926943&type=article&urlTitle=>

what-are-the-components-of-iot-. Terakhir diakses pada tanggal 20 November 2018. (Dikutip pada halaman 6).

- [9] “Pengertian arduino uno.” <https://ilearning.me/sample-page-162/arduino/pengertian-arduino-uno/>. Terakhir diakses pada tanggal 18 Januari 2019. (Dikutip pada halaman 7).
- [10] “Arduino - introduction.” <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Terakhir diakses pada tanggal 18 Januari 2019. (Dikutip pada halaman 7).
- [11] A. Agustin, J. Yi, T. Clausen, and W. M. Townsley, “A study of lora: Long range & low power networks for the internet of things,” September 2016. (Dikutip pada halaman 9).
- [12] V. A. Stan, R. S. Timnea, and R. A. Gheorghiu, “Overview of high reliable radio data infrastructures for public automation applications,” in 2016 ECAI 8th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligent, June-July 2016. (Dikutip pada halaman 9).
- [13] “Esp-01 wifi module.” http://wiki.ai-thinker.com/_media/esp8266/esp8266_series_modules_user_manual_v1.1.pdf. Terakhir diakses pada tanggal 18 Januari 2019. (Dikutip pada halaman 11).
- [14] R. L. Levin and D. S. Rubin, Statistic For management. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 1998. (Dikutip pada halaman 13).
- [15] S. Kurt and bulent tavli, “Path-loss modeling for wireless sensor networks: A review of models and comparative evaluations,” Februari 2017. (Dikutip pada halaman 15).
- [16] A. Suhariyanto, A. H. Alasiry, and E. S. Ningrum, “Penentuan posisi node jaringan sensor dengan menggunakan metode trilaterasi berdasarkan kekuatan sinyal radio,” Februari 2016. (Dikutip pada halaman 15).

- [17] C. C. Pu, C. H. Pu, and H. J. Lee, “Indoor location tracking using received signal strength indicator,” (Dikutip pada halaman 26).
- [18] “Online polynomial regression.” <http://www.xuru.org/rt/PR.asp>. Terakhir diakses pada tanggal 23 Januari 2019. (Dikutip pada halaman 33).
- [19] “Online exponential regression.” <http://www.xuru.org/rt/ExpR.asp>. Terakhir diakses pada tanggal 23 Januari 2019. (Dikutip pada halaman 35).

Halaman ini sengaja dikosongkan

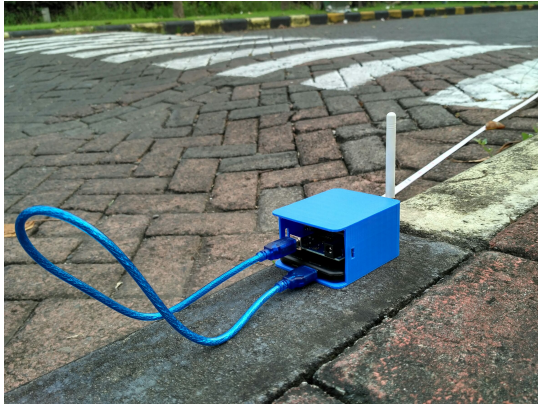
LAMPIRAN



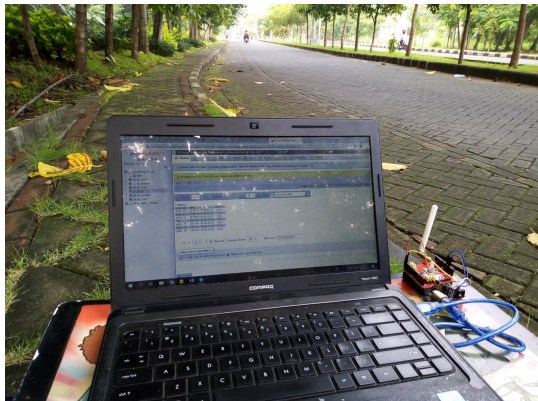
Gambar 1: Pengukuran Jarak Asli untuk Pengambilan Data Sample (1).



Gambar 2: Pengukuran Jarak Asli untuk Pengambilan Data Sample (2).



Gambar 3: Posisi LoRa Node untuk Pengambilan Data Sample.



Gambar 4: LoRa Gateway untuk Pengambilan Data Sample.



Gambar 5: Penempatan LoRa Node untuk Pengujian.



Gambar 6: Penempatan LoRa Anchor 1 untuk Pengujian.



Gambar 7: Penempatan LoRa Anchor 2 untuk Pengujian.



Gambar 8: Penempatan LoRa Anchor 3 untuk Pengujian.

BIOGRAFI PENULIS



Muhammad Abimanyu Setyo Puji Asyhari, lahir di Kabupaten Nganjuk-Jawa Timur pada tanggal 16 April 1996. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis lulus SMAN 2 Nganjuk. Penulis melanjutkan ke jenjang strata satu di bidang studi Telematika - Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Elektro ITS. Dalam masa kuliah, aktif berorganisasi, yaitu dengan pernah menjadi Kepala Departemen Sosial Masyarakat di BEM FTI ITS 2016/2017, bergabung dalam Komunitas Muda Anjuk Ladang yang ada di Nganjuk sebagai anggota Divisi Pengembangan Desa -Departemen Pengabdian Masyarakat, serta tertarik dengan dunia kewirausahaan dengan belajar membuat bisnis IT (Quantumade) dan Snack (Pisang Ribut).

Halaman ini sengaja dikosongkan