



**IMPLEMENTASI *WIRELESS SENSOR NETWORK* SEBAGAI PENDETEKSI
KEBAKARAN BERBASIS LORA**

SKRIPSI

Oleh

Muhammad Alhasan M.

NIM 141910201076

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**IMPLEMENTASI *WIRELESS SENSOR NETWORK* SEBAGAI
PENDETEKSI KEBAKARAN BERBASIS LORA**

SKRIPSI

Oleh

Muhammad Alhasan M.

NIM 141910201076

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**IMPLEMENTASI *WIRELESS SENSOR NETWORK* SEBAGAI
PENDETEKSI KEBAKARAN BERBASIS *LORA***

Skripsi

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Muhammad Alhasan M.
NIM 141910201076**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO STRATA 1
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah membirikan rahmat dan hidayahnya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan kemudahan dan kelancaran yang diberikan .

Akhirnya, saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Kedua Orangtua, Ibu Hatima dan Bapak Tosen yang tidak pernah lelah memberikan doa, memberikan dukungan semangat dan pengorbanan kepada saya hingga saya bisa berdiri sampai detik ini.
4. Kakak Yuliatin, Slamet Shobari, dan juga kepada Keluarga Besar saya yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada saya hingga bisa sampai sekarang ini.
5. Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T. dan Bapak Dodi Setiabudi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Guru-guru sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
7. Almamater Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
8. Keluarga besar KETEK UJ 2014, terima kasih telah memberikan arti kekeluargaan yang luar biasa.
9. Serta seluruh rekan-rekan yang penulis kenal dan juga kepada rekan-rekan yang membaca skripsi ini.

MOTTO

“Hidup itu sederhana, jangan terlalu banyak gaya dan syukuri apa yang kamu miliki sekarang”

(Muhammad Alhasan Muzakki)

“Urip iku urup.”

(Pepatah Jawa)

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah : 6)

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al-Baqarah : 286)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Alhasan M.

NIM : 141910201076

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "IMPLEMENTASI *WIRELESS SENSOR NETWORK* SEBAGAI PENDETEKSI KEBAKARAN BERBASIS *LORA*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keasahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 31 Mei 2019

Yang menyatakan,

Muhammad Alhasan M
NIM 141910201076

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI *WIRELESS SENSOR NETWORK* SEBAGAI
PENDETEKSI KEBAKARAN BERBASIS *LORA***

Oleh

Muhammad Alhasan M

NIM 141910201076

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Widya Cahyadi, ST., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dodi Setiabudi, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “IMPLEMENTASI *WIRELESS SENSOR NETWORK* SEBAGAI PENDETEKSI KEBAKARAN BERBASIS *LORA*” karya Muhammad Alhasan M. telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Jum’at

Tanggal : 31 Mei 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Ketua,

Anggota I,

Widya Cahyadi, S.T., M.T.
NIP 198511102014041001

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.
NIP 198405312008121004

Anggota II,

Anggota III,

Alfredo Bayu Satriya, S.T., M.T.
NIP 198905192015041001

Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si
NIP 196801191997021001

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

IMPLEMENTASI WIRELESS SENSOR NETWORK SEBAGAI PENDETEKSI KEBAKARAN BERBASIS LORA; Muhammad Alhasan M, 141910201076; 2019; 86 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Wireless Sensor Network (WSN) merupakan jaringan sensor nirkabel yang menghubungkan perangkat sensor, *router* dan *sink node* yang saling terhubung secara *Ad-hoc*. Teknologi jaringan *WSN* terhubung secara *Ad-hoc* sehingga memiliki beberapa kelebihan dibanding jaringan seluler diantaranya yaitu tidak memerlukan infrastruktur seperti BTS pada jaringan seluler sehingga jangkauan komunikasi pada *WSN* bisa dilakukan di wilayah yang sulit dijangkau. Banyak teknologi yang digunakan dalam pengaplikasian *WSN* salah satunya yaitu Xbee. Dalam beberapa penelitian, xbee hanya mampu mengirim data dengan jarak beberapa ratus meter sehingga kurang efektif jika digunakan dalam jarak jangkauan yang jauh. Untuk mengatasi masalah tersebut maka kami menggunakan teknologi *LORA* yang merupakan teknologi terbaru dalam bidang jaringan nirkabel dimana pada teknologi ini menggunakan protokol *LPWAN* yang minim konsumsi daya serta jarak jangkauan yang lebih jauh dibanding dengan teknologi xbee.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sistem kerja dari implementasi *wireless sensor network* sebagai pendeteksi kebakaran berbasis *LORA*, mengetahui pengaruh jarak antar *node* dan *header node* dengan kualitas pengukuran yang diberikan dan juga untuk mengetahui pengaruh kondisi *LOS* dan *NLOS* terhadap kualitas sinyal yang diberikan. Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memantau kebakaran yang terjadi di hutan dengan menggunakan teknologi *LORA*. Dengan teknologi *LORA* sensor dapat mengirim data meskipun pada tempat terpencil sehingga cocok untuk diaplikasikan di hutan yang memang lokasinya terpencil. Manfaat dari penelitian ini juga dapat mengetahui jarak jangkauan maksimal yang diberikan oleh *LORA* dibanding dengan menggunakan

metode yang lain dengan menempatkan kedua sensor yaitu sensor api dan sensor gas pada dua tempat yang berjauhan yang terhubung secara *wireless*.

Pada penelitian ini menggunakan 2 *node* sensor dan 1 *header node* yang terhubung dengan menggunakan topologi *singlehop*. Pada *node* sensor 1 terdapat sensor api yang berfungsi untuk mendeteksi api jika terjadi sesuatu yang terbakar, dan pada *node* sensor 2 terdapat sensor asap yang berfungsi untuk mendeteksi asap jika terjadi kebakaran. Modul *LORA* yang digunakan yaitu Lora sx1278 dengan frekuensi 433 MHz. cara kerjanya yaitu dari ke dua *node* sensor tersebut data pembacaan sensor akan dikirim ke *header node* untuk nanti bisa ditampilkan di *website* thingspeak dalam bentuk grafik. Pada *header node* sendiri terdapat modul lora sx1278 dan ESP8266 sebagai modul wifi yang digunakan untuk mengupload data ke *server* thingspeak.

Pada pengujian *Received Strength Signal Indication (RSSI)* dilakukan dalam dua kondisi yaitu kondisi *Line Off Sight (LOS)* dan *Non Line Off Sight (NLOS)*. Pada pengujian *RSSI* kondisi *LOS* jarak terjauh pengiriman data yaitu pada jarak 450 meter dengan nilai *RSSI* dari *node* 1 ke *header node* dan juga dari *node* 2 ke *header node* sebesar -114 dBm dengan error perhitungan 6%. Pada pengujian *RSSI* kondisi *NLOS* diperoleh jarak terjauh pengiriman data yaitu pada jarak 105 meter dengan nilai *RSSI* dari *node* 1 ke *header node* sebesar -112.2 dBm dengan error persen perhitungan 8.9% sedangkan dari *node* 2 ke *header node* diperoleh nilai *RSSI* sebesar -111.6 dBm dengan error persen sebesar 9.4%. pada pengujian daya sinyal juga dilakukan dalam kondisi *LOS* dan *NLOS* dengan menggunakan rumus perhitungan. Pada kondisi *LOS* dari *node* 1 ke *header node* nilai daya diperoleh sebesar 0.004×10^{-6} mW pada jarak terjauh pengiriman yaitu 450 meter begitu juga antara *node* 2 dan *header node* juga memiliki nilai daya yang sama. Pada pengujian nilai daya kondisi *NLOS* dari *node* 1 ke *header node* diperoleh nilai daya sebesar 0.06×10^{-6} mW pada jarak terjauh pengiriman yaitu 105 meter sedangkan antara *node* 2 dan *header node* diperoleh nilai daya sebesar 0.069×10^{-6} mW.

Kesimpulan pada penelitian ini adalah kualitas sinyal yang diberikan pada sistem *Wireless Sensor Network* dengan menggunakan *LORA* ini dipengaruhi oleh

jarak komunikasi antar *node*. Semakin jauh jarak antar *node* maka semakin kecil nilai dari *RSSI* yang dihasilkan. Nilai *RSSI* dan juga jarak terjauh pengiriman data diperoleh pada saat kondisi *LOS* dengan jarak 450 meter karena pada kondisi tersebut tidak ada hambatan atau halangan yang menghalangi komunikasi antar *node* sedangkan pada kondisi *NLOS* hanya sampai jarak 105 meter karena pada kondisi *NLOS* terdapat halangan atau hambatan yang menghalangi komunikasi antar *node*.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjukNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“IMPLEMENTASI WIRELESS SENSOR NETWORK SEBAGAI PENDETEKSI KEBAKARAN BERBASIS LORA”**. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak yang turut memberikan bantuan berupa motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan skripsi ini.

Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki, rahmat, hidayah dan karunia serta kasihsayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., selaku Dekan Fakultas Teknik UniversitasJember
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
5. Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T.dan Bapak Dodi Setiabudi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing menyelesaikan tugas akhir ini;
6. Bapak Alfredo Bayu Satriya, S.T., M.T. dan Bapak Catur Suko Sarwono,S.T., M.Si selaku dosen penguji yang sudah memberikan saran untuk memperbaiki tugas akhir ini;
7. Kedua Orangtua Ibu Hatima dan Bapak Tosan yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan tiada henti, memberi motivasi semangat, menitikkan air mata dan memberi kasih sayang yang tak pernah habis serta pengorbanannya selama ini;
8. Kakak Yuliatin, Slamet Shobari, Bapak Ali serta keluarga besar saya yang senantiasa memberikan dukungan, dan semangat;
9. ;

10. Keluarga besar KETEK UJ 2014, terimakasih telah memberikan arti kekeluargaan yang luar biasa.
11. Keluarga besar Laboratorium Telekomunikasi dan Terapan. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya;

Jember, 31 Mei 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Terkait.....	5
2.2. Telemetri	9
2.3. WSN (<i>Wireless Sensor Network</i>)	9
2.4. LORA (<i>Long Range</i>)	11
2.4.1 Arsitektur LoRa	13
2.4.2 LoRa <i>Physical Layer</i>	14
2.4.3 LoRa MAC.....	15
2.5. LoRa SX1278	15
2.6. Arduino UNO	17
2.7. Sensor Api <i>Black IR Receiver</i>.....	19

2.8.	ESP 8266	20
2.9.	Sensor MQ2	20
2.10.	<i>RSSI (Received Strength Signal Indication)</i>	21
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2	Ruang Lingkup Kegiatan	24
3.3	Jenis dan Sumber Data	24
3.3.1	Alat dan Bahan	24
3.3.2	Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	24
3.3.3	Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	25
3.4	Metode Pengumpulan Data	25
3.5	Perancangan Alat	25
3.5.1	Blok Diagram	26
3.5.2	<i>Flowchart</i> Sistem	27
3.5.3	Konfigurasi Web Thingspeak	28
3.5.4	Konfigurasi LORA SX1278.....	30
3.6	Pengujian Alat.....	31
3.6.1	Pengujian <i>Hardware</i>	31
3.6.2	Pengujian <i>Software</i>	31
3.7	Pengambilan Parameter <i>RSSI</i>.....	32
3.7.1	Nilai <i>RSSI</i> pada saat <i>Line Off Sight (LOS)</i>	32
3.7.2	Nilai <i>RSSI</i> pada saat <i>Non Line Off Sight (NLOS)</i>	33
3.8	Pengambilan Parameter Daya Sinyal	33
3.8.1	Nilai Daya Sinyal pada saat <i>Line Off Sight (LOS)</i>	34
3.8.2	Nilai Daya Sinyal pada saat <i>Non Line Off Sight (NLOS)</i>	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Pengujian Alat	37
4.1.1	Pengujian Sensor Api Black IR Receiver	37
4.1.2	Pengujian Sensor MQ2.....	38
4.1.3	Pengujian Thingspeak.....	39
4.2	Pengujian <i>RSSI (Received Strength Signal Indication)</i>	41

4.2.1	Pengujian <i>RSSI</i> kondisi <i>LOS (Line Off Sight)</i>	42
4.2.1.1	Pengujian <i>RSSI</i> kondisi <i>LOS</i> dari <i>Node 1</i> ke <i>Header Node</i>	42
4.2.1.2	Pengujian <i>RSSI</i> kondisi <i>LOS</i> dari <i>Node 2</i> ke <i>Header Node</i>	44
4.2.2	Pengujian <i>RSSI</i> kondisi <i>NLOS (Non Line Off Sight)</i>	47
4.2.2.1	Pengujian <i>RSSI</i> kondisi <i>NLOS</i> dari <i>Node 1</i> ke <i>Header Node</i>	48
4.2.2.2	Pengujian <i>RSSI</i> kondisi <i>NLOS</i> dari <i>Node 2</i> ke <i>Header Node</i>	50
4.3	Pengujian Daya sinyal	52
4.3.1	Pengujian Daya kondisi <i>LOS (Line Off Sight)</i>	52
4.3.1.1	Pengujian Daya kondisi <i>LOS</i> dari <i>Node 1</i> ke <i>Header Node</i>	52
4.3.1.2	Pengujian Daya kondisi <i>LOS</i> dari <i>Node 2</i> ke <i>Header Node</i>	53
4.3.2	Pengujian Daya kondisi <i>NLOS (Non Line Off Sight)</i>	55
4.3.2.1	Pengujian Daya kondisi <i>NLOS</i> dari <i>Node 1</i> ke <i>Header Node</i>	55
4.3.2.2	Pengujian Daya kondisi <i>NLOS</i> dari <i>Node 1</i> ke <i>Header Node</i>	57
BAB 5	KESIMPULAN	60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	64

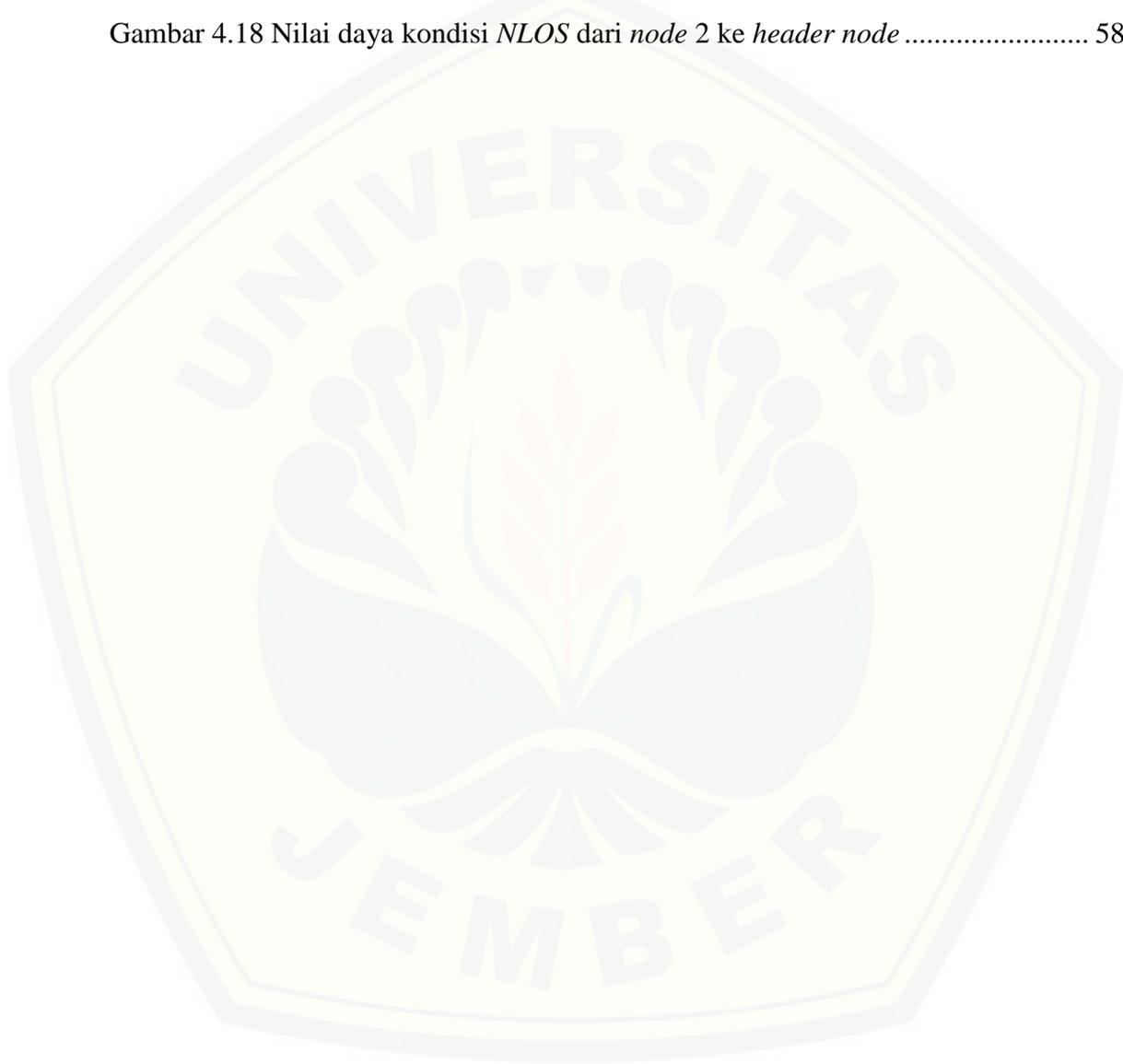
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Matriks Permasalahan	5
Tabel 2.2 Perbandingan Parameter Teknologi Komunikasi	12
Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino UNO	18
Tabel 2.4 Level Sinyal <i>RSSI</i>	22
Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Tugas Akhir	23
Tabel 3.2 Nilai <i>RSSI LOS</i> dari <i>node</i> 1 ke <i>node coordinator</i>	32
Tabel 3.3 Nilai <i>RSSI LOS</i> dari <i>node</i> sensor 2 ke <i>node coordinator</i>	32
Tabel 3.4 Nilai <i>RSSI NLOS</i> dari <i>node</i> sensor 1 ke <i>node coordinator</i>	33
Tabel 3.5 Nilai <i>RSSI NLOS</i> dari <i>node</i> sensor 2 ke <i>node coordinator</i>	33
Tabel 3.6 Nilai Daya Sinyal <i>LOS</i> dari <i>node</i> sensor 1 ke <i>node coordinator</i>	34
Tabel 3.7 Nilai Daya Sinyal <i>LOS</i> dari <i>node</i> sensor 2 ke <i>node coordinator</i>	34
Tabel 3.8 Nilai Daya Sinyal <i>NLOS</i> dari <i>node</i> sensor 1 ke <i>node coordinator</i>	35
Tabel 3.9 Nilai Daya Sinyal <i>NLOS</i> dari <i>node</i> sensor 2 ke <i>node coordinator</i>	35
Tabel 4.1 Nilai <i>RSSI</i> kondisi <i>LOS</i> dari <i>Node</i> 1 ke <i>Header Node</i>	42
Tabel 4.2 Nilai <i>RSSI</i> kondisi <i>LOS</i> dari <i>Node</i> 2 ke <i>Header Node</i>	45
Tabel 4.3 Nilai <i>RSSI</i> kondisi <i>NLOS</i> dari <i>Node</i> 1 ke <i>Header Node</i>	48
Tabel 4.4 Nilai <i>RSSI</i> kondisi <i>NLOS</i> dari <i>Node</i> 2 ke <i>Header Node</i>	50
Tabel 4.5 Nilai Daya kondisi <i>LOS</i> dari <i>Node</i> 1 ke <i>Header Node</i>	52
Tabel 4.6 Nilai Daya kondisi <i>LOS</i> dari <i>Node</i> 2 ke <i>Header Node</i>	54
Tabel 4.7 Nilai Daya kondisi <i>NLOS</i> dari <i>Node</i> 1 ke <i>Header Node</i>	56
Tabel 4.8 Nilai Daya kondisi <i>NLOS</i> dari <i>Node</i> 2 ke <i>Header Node</i>	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur <i>Wireless Sensor Network</i>	10
Gambar 2.2 Perbandingan Kecepatan Transmisi dan Jarak Jangkauan.....	12
Gambar 2.3 Sistem Arsitektur LoRa.....	14
Gambar 2.4 Arsitektur Protokol LoRa.....	14
Gambar 2.5 Skema rangkaian SX1278	16
Gambar 2.6 Bentuk fisik Lora SX1278	17
Gambar 2.7 Arduino UNO	18
Gambar 2.8 Sensor api	19
Gambar 2.9 Modul ESP 8266	20
Gambar 2.10 Sensor MQ2.....	21
Gambar 3.1 Blok diagram sistem.....	26
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> sistem monitoring	27
Gambar 3.3 Halaman muka Thingspeak.....	28
Gambar 3.4 Tampilan <i>sign up</i> Thingspeak	29
Gambar 3.5 API Key Thingspeak	30
Gambar 3.6 Proses Konfigurasi LORA SX1278	30
Gambar 3.7 Program Konfigurasi LORA SX1278.....	30
Gambar 4.1 Alat pengujian sensor api	38
Gambar 4.2 Program kalibrasi MQ2.....	39
Gambar 4.3 Alat pengujian sensor asap.....	39
Gambar 4.4 Konfigurasi thingspeak pada arduino.....	40
Gambar 4.5 Tampilan website monitoring thingspeak	40
Gambar 4.6 Tampilan aplikasi thingview	41
Gambar 4.7 Pengujian <i>RSSI</i> kondisi <i>LOS</i>	42
Gambar 4.8 Titik koordinat <i>header node</i> dan <i>node 1 LOS</i>	43
Gambar 4.9 Nilai <i>RSSI</i> kondisi <i>LOS</i> dari <i>node 1</i> ke <i>header node</i>	44
Gambar 4.10 Titik koordinat <i>header node</i> dan <i>node 2 LOS</i>	45
Gambar 4.11 Nilai <i>RSSI</i> kondisi <i>LOS</i> dari <i>node 2</i> ke <i>header node</i>	46
Gambar 4.12 Pengujian <i>RSSI</i> kondisi <i>NLOS</i>	47

Gambar 4.13 Nilai <i>RSSI</i> kondisi <i>NLOS</i> dari <i>node 1</i> ke <i>header node</i>	49
Gambar 4.14 Nilai <i>RSSI</i> kondisi <i>NLOS</i> dari <i>node 2</i> ke <i>header node</i>	51
Gambar 4.15 Nilai daya kondisi <i>LOS</i> dari <i>node 1</i> ke <i>header node</i>	53
Gambar 4.16 Nilai daya kondisi <i>LOS</i> dari <i>node 2</i> ke <i>header node</i>	55
Gambar 4.17 Nilai daya kondisi <i>NLOS</i> dari <i>node 1</i> ke <i>header node</i>	57
Gambar 4.18 Nilai daya kondisi <i>NLOS</i> dari <i>node 2</i> ke <i>header node</i>	58



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu maka teknologi didunia ini semakin berkembang pesat. Beberapa faktor berkembangnya teknologi adalah adanya penelitian yang dilakukan oleh para peneliti untuk menciptakan inovasi baru dalam dunia teknologi. Tujuan utama dari sebuah teknologi adalah untuk mempermudah akses atau aktifitas yang dilakukan oleh manusia. Salah satu teknologi yang berkembang saat ini yaitu telemetri atau pengukuran jarak jauh. Banyak metode yang digunakan pada sistem telemetri, salah satunya yaitu *Wireless Sensor Network (WSN)*. *Wireless Sensor Network (WSN)* merupakan jaringan sensor nirkabel yang menghubungkan perangkat sensor, router dan sink node yang saling terhubung secara *Ad-hoc*. Pada *WSN* terdapat beberapa protokol dan topologi yang digunakan, setiap protokol dan topologi yang digunakan memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Wireless Sensor Network (WSN) bisa diaplikasikan kedalam beberapa bidang, misalnya : bidang pertanian, lingkungan, sistem keamanan dan teknologi yang lainnya. Teknologi jaringan *WSN* terhubung secara *Ad-hoc* sehingga memiliki beberapa kelebihan dibanding jaringan seluler diantaranya yaitu tidak memerlukan infrastruktur seperti BTS pada jaringan seluler sehingga jangkauan komunikasi pada *WSN* bisa dilakukan di wilayah yang sulit dijangkau. Xbee merupakan sebuah modul nirkabel yang digunakan untuk berkomunikasi secara *fullduplex* yang banyak digunakan dalam implementasi atau pengaplikasian dari *WSN* dan mempunyai protokol salah satunya yaitu protokol Zigbee yang terdapat pada Xbee pro series. Dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan, penggunaan Xbee pada beberapa seri memiliki kekurangan yaitu jarak jangkauan yang terbatas hanya beberapa meter saja dalam kondisi *indoor* dan hanya 1 km dalam kondisi *outdoor*. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Kusbiono Wisnu Pambudi (2014) yang berjudul “Rancang Bangun *Wireless Sensor Network* Untuk *Monitoring* Suhu dan Kelembaban Pada Lahan Tanaman Jarak” dimana pada

penelitian tersebut menggunakan modul xbee sebagai media *transceiver* dan hanya memiliki jarak jangkau hanya 100 meter saja.

Kualitas pelayanan suatu jaringan sangat dibutuhkan untuk mengetahui tingkat performa atau tingkat efisien dari sebuah pelayanan yang diberikan oleh suatu jaringan. Untuk mengetahui kualitas sinyal dari sebuah jaringan nirkabel dibutuhkan beberapa parameter yang digunakan, salah satunya yaitu RSSI yang merupakan sebuah parameter yang digunakan untuk mengetahui kekuatan sinyal pada sebuah jaringan nirkabel yang diukur berdasarkan jarak antara pengirim dan penerima.

LORA merupakan teknologi terbaru dalam bidang jaringan nirkabel dimana pada teknologi ini menggunakan protokol LPWAN yang minim konsumsi daya serta jarak jangkau yang cukup jauh dibanding dengan teknologi xbee dan harga dari modul *LORA* ini yang cukup terjangkau sehingga sangat efisien jika diimplementasikan dalam jaringan *WSN*. Banyak contoh penerapan *LORA* dalam kehidupan sehari-hari, misalkan untuk mengukur kualitas udara pada sebuah daerah bisa menggunakan metode *WSN* dengan berbasis *LORA*.

Berdasarkan dari beberapa latar belakang serta penelitian yang terkait maka perlu adanya teknologi terbaru dalam *WSN* yang lebih efisien dengan jarak jangkau yang lebih jauh. Oleh karena itu maka penulis ingin melakukan penelitian yang berjudul “Implementasi *Wireless Sensor Network (WSN)* Sebagai Pendeteksi Kebakaran Berbasis *LORA*”. Dengan adanya penelitian ini diharapkan bisa diimplementasikan di berbagai hutan atau tempat yang rawan kebakaran agar digunakan sebagai sistem pendeteksi kebakaran serta dengan menggunakan teknologi *LORA* ini diharapkan sistem bisa lebih efisien, jarak jangkau yang jauh serta memiliki parameter pengukuran kekuatan sinyal yang bagus.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa rumusan masalah yang akan dibahas yaitu :

1. Bagaimana sistem kerja dari *Wireless Sensor Network* dengan menggunakan *LORA*?
2. Bagaimana pengaruh jarak terhadap kualitas pengukuran yang diberikan?
3. Bagaimana pengaruh kondisi *LOS* dan *NLOS* terhadap kualitas sinyal yang diberikan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui sistem kerja dari implementasi *Wireless Sensor Network* untuk sistem pendeteksi kebakaran berbasis *LORA*.
2. Mengetahui pengaruh jarak antar node dan header node dengan kualitas pengukuran yang diberikan.
3. Mengetahui pengaruh kondisi *LOS* dan *NLOS* terhadap kualitas sinyal yang diberikan.

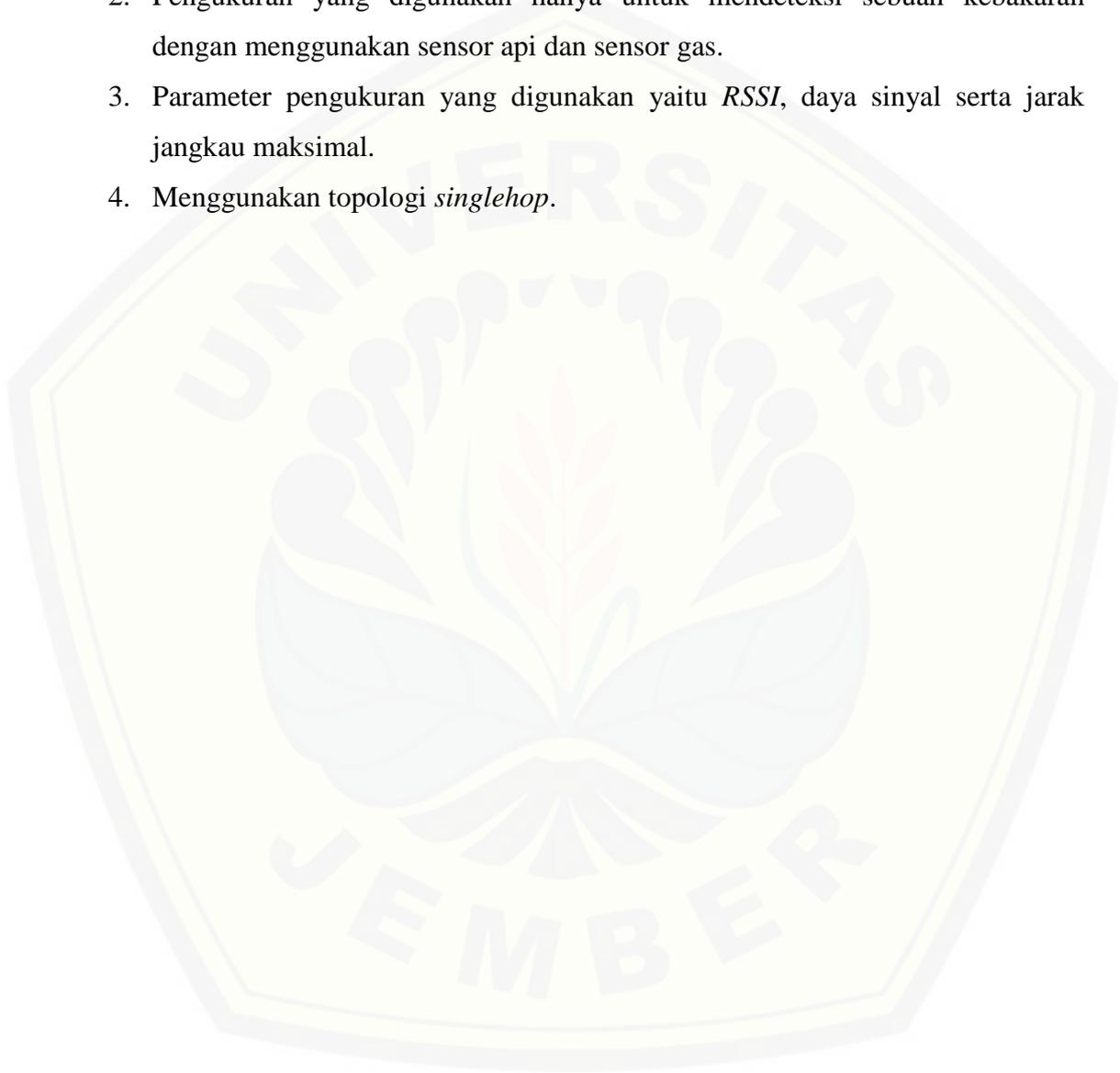
1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memantau kebakaran yang terjadi di hutan dengan menggunakan teknologi *LORA*. Dengan teknologi *LORA* sensor dapat mengirim data meskipun pada tempat terpencil sehingga cocok untuk diaplikasikan di hutan yang memang lokasinya terpencil. Manfaat dari penelitian ini juga dapat mengetahui jarak jangkauan maksimal yang diberikan oleh *LORA* dibanding dengan menggunakan metode yang lain dengan menempatkan kedua sensor yaitu sensor api dan sensor gas pada dua tempat yang berjauhan yang terhubung secara *wireless*.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ada pada penelitian ini yaitu :

1. Tidak membahas sisi elektronika secara keseluruhan akan tetapi lebih fokus pada bidang telekomunikasi.
2. Pengukuran yang digunakan hanya untuk mendeteksi sebuah kebakaran dengan menggunakan sensor api dan sensor gas.
3. Parameter pengukuran yang digunakan yaitu *RSSI*, daya sinyal serta jarak jangkau maksimal.
4. Menggunakan topologi *singlehop*.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan materi tentang komponen yang digunakan beserta cara umum dari alat ini sendiri dan dijelaskan tentang pengumpulan pendapat atau teori yang telah ada yang berkaitan dengan masalah yang dibahas, membandingkan dan memilih teori yang paling relevan untuk memecahkan masalah, membahas teori-teori yang digunakan, dan menentukan teori-teori sebagai dasar analisis selanjutnya, dan dapat dijelaskan dibawah ini antara lain:

2.1 Penelitian Terkait

Pada bagian ini berisi penelitian-penelitian yang terkait dengan penelitian yang akan penulis kerjakan.

Tabel 2.1. Matriks Permasalahan

No	Masalah	Solusi	Judul Jurnal	Nama (Tahun)
1.	Komunikasi berbasis Web dan SMS Gateway sehingga membutuhkan infrastruktur jaringan internet dan juga jaringan komunikasi seluler	Menggunakan sistem komunikasi <i>LORA</i> agar bisa diimplementasikan di daerah yang tidak terjangkau dengan jaringan internet dan seluler	Sistem Monitoring dan Peringatan Ketinggian Air Berbasis Web dan SMS Gateway	Alfred Tenggono, Yovan Wijaya, Erick Kusuma, Welly (2015)
2.	Jarak maksimal antara node sensor adalah sebesar 65 meter	Menggunakan <i>LORA</i> agar jarak antara node sensor bisa lebih jauh.	Implementasi dan Analisa Jaringan Wireless	Aditya Kurniawan, Rendy Munadi, Ratna Mayasari

	saja.		Sensor Untuk Monitoring Suhu, Kelembaban dan Kadar CO2 Pada Ruangan	(2016)
3.	Komunikasi dengan menggunakan modul nRF2401 ini tidak dapat berkomunikasi pada jarak 500 meter.	Menggunakan komunikasi <i>LORA</i> modul yang mempunyai jarak jangkauan lebih dari 500 meter.	Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali Penerbangan Quadcopter Berbasis PID Menggunakan GPS Dan Komunikasi <i>LORA</i> Pada Pencarian Pendaki Gunung Yang Hilang	Yulfan Aditya, Budhi Irawan,S.Si.,M.T., Randy Erfa Saputra,S.T.,M.T. (2017)
4.	Pada penelitian ini menggunakan modul KYL 500 S dengan jarak jangkauan yang tidak terlalu panjang untuk	Menggunakan sistem komunikasi <i>LORA</i> untuk mendapatkan jarak jangkauan yang lebih jauh.	Pengukur Kelembaban Tanah dan Suhu Udara sebagai Pendeteksi Dini	Abrar Hakim, M. Yanuar Hariyawan, Cyntia Widiyari (2012)

	pendeteksian dini kebakaran hutan sehingga tidak dapat diakses ketika jarak dari node sensor ke server jauh.		Kebakaran Hutan melalui <i>Wireless Sensor Network</i> (WSN) <i>Hardware</i>	
5.	Dengan menggunakan xbee series 2 diperoleh jarak pengiriman data hanya 100 meter saja	Menggunakan modul komunikasi <i>LORA</i> agar memperoleh jarak pengiriman data lebih dari 100 meter.	Rancang Bangun <i>Wireless Sensor Network</i> Untuk <i>Monitoring</i> Suhu dan Kelembaban Pada Lahan Tanaman Jarak	Kusbiono Wisnu Pambudi, Jusak, Pauladie Susanto (2014)
6.	Tidak melakukan pengukuran jarak maksimal yang dapat di transmisikan.	Melakukan pengukuran jarak maksimal yang bisa ditransmisikan dengan menggunakan modul komunikasi <i>LORA</i> .	Application of <i>Wireless Sensor Network</i> based on <i>LORA</i> in City Gas Meter Reading	Kun Wang (2017)
7.	Parameter pengukuran	Melakukan pengukuran pada	Rancang Bangun Sistem	Muhammat Saifudin, Lilik

	hanya pada kondisi <i>LOS</i> (<i>Line Off Sight</i>)	<i>LOS</i> dan <i>NLOS</i> untuk mengetahui pengaruh dari perbedaan tersebut.	<i>Wireless Sensor Network</i> Untuk Sensor Getaran Berbasis Arduino	Anifah (2017)
--	---	---	--	---------------

Dari Tabel 2.1 dapat dijelaskan bahwa pada jurnal nomor 1 memiliki permasalahan yaitu pada alat tersebut menggunakan komunikasi web dan sms gateway sehingga membutuhkan jaringan internet dan juga jaringan komunikasi seluler sehingga tidak efisien jika ditempatkan di daerah yang tidak terjangkau oleh jaringan internet dan seluler. Pada jurnal nomor 2 memiliki permasalahan yaitu jarak maksimal antar node sensor hanya 65 meter saja sehingga tidak bisa menjangkau jarak yang jauh dan untuk mengatasi masalah tersebut maka pada penelitian ini menggunakan *LORA* yang memiliki jarak jangkauan hingga 1 km. Pada jurnal nomor 3 memiliki permasalahan yaitu pada modul yang digunakan tidak dapat berkomunikasi pada jarak 500 meter sehingga butuh teknologi baru agar sistem dapat berkomunikasi dengan jarak lebih dari 500 meter dan teknologi tersebut adalah *LORA* yang memiliki jarak jangkauan lebih dari 500 meter. Pada jurnal nomor 4 memiliki permasalahan yaitu dengan jarak jangkauan yang tidak terlalu panjang untuk pendeteksian dini kebakaran hutan dan pengukuran kelembapan tanah serta suhu udara sehingga tidak dapat diakses ketika jarak dari node sensor ke server jauh. Oleh karena itu, agar bisa diakses ketika jarak dari node sensor ke server bisa lebih jauh maka menggunakan teknologi *LORA*. Pada jurnal nomor 5 menggunakan xbee series 2 diperoleh jarak pengiriman data hanya 100 meter saja sehingga untuk mendapatkan jarak jangkauan lebih dari 100 meter menggunakan teknologi *LORA* yang memiliki jarak jangkauan lebih dari 100 meter bahkan sampai lebih dari 1 kilometer. Pada jurnal nomor 6 menggunakan teknologi *LORA* akan tetapi tidak diukur parameter jarak jangkauan maksimal yang bisa diakses sehingga pada penelitian ini akan melakukan pengukuran jarak jangkauan maksimal yang bisa diakses oleh *LORA*. Pada jurnal nomor 7 parameter

pengukuran yang digunakan hanya pada kondisi *LOS (Line Off Sight)* sehingga butuh parameter pengukuran pada kondisi *NLOS* agar dapat diketahui kualitas komunikasi yang digunakan ketika terdapat halangan. Dari beberapa permasalahan yang telah disebutkan, maka penulis mengambil penelitian tentang implementasi *Wireless Sensor Network* pada sistem pengukuran ketinggian air dan deteksi hujan menggunakan *LORA*.

2.2 Telemetry

Pengukuran merupakan hal yang penting dalam kehidupan sehari-hari, bisa pengukuran suhu, kelembapan, jarak, dan lain sebagainya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur sesuai dengan spesifikasinya masing-masing. dalam pengukuran suatu objek bisa dilakukan secara langsung ataupun secara jarak jauh. Telemetry merupakan teknik pengiriman sinyal hasil pengukuran suatu objek yang dikirim secara jarak jauh dengan berbagai macam cara atau metode. Pada sistem telemetry bertujuan agar mempermudah user untuk mengambil data pengukuran dari suatu objek yang lokasinya jauh dan mengirimkan data terhadap user dalam bentuk sinyal yang selanjutnya bisa diolah menjadi data dengan teknik dan metode tertentu.

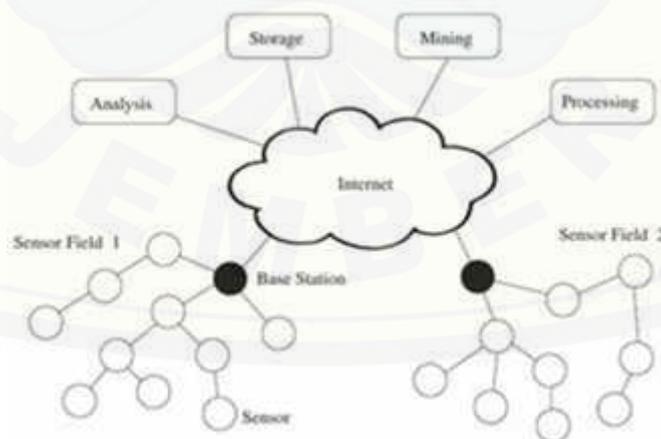
Pada sistem telemetry berfungsi untuk mempermudah user mengontrol objek dari jarak jauh. Banyak pengaplikasian dari telemetry dalam kehidupan sehari-hari seperti pemantauan cuaca, *tracking* satelit, memantau kendaraan dan lain sebagainya. Metode pemantauannya bermacam-macam, bisa menggunakan SMS, internet dan lain sebagainya untuk menampilkan hasil pengukuran dari objek secara jarak jauh.

2.3 WSN (*Wireless Sensor Network*)

WSN atau *Wireless Sensor Network* merupakan jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa alat sensor yang saling bekerjasama untuk memonitor fisik dan kondisi lingkungan seperti temperature, suara, getaran atau gempa, polusi udara dan lain sebagainya. (Kusbiono,2014).

WSN merupakan suatu sistem jaringan sensor yang saling terhubung satu sama lain secara nirkabel dan berkomunikasi secara Ad-hoc atau tanpa infrastruktur. Sensor disini digunakan untuk menangkap informasi sesuai dengan karakteristik masing-masing dan nantinya data yang diperoleh akan dirubah dari analog ke digital. *WSN* ini bisa digunakan untuk sistem monitoring yang dapat melakukan pembacaan lebih dari 1 sensor yang dihubungkan secara *wireless*. Pada sistem *WSN* terdiri dari beberapa *cluster* dan pada tiap *cluster* terdiri dari beberapa sensor yang nantinya data hasil pengukuran akan dikirim ke *client* secara *wireless*.

WSN bisa diaplikasikan dalam bidang militer, pertanian, geologi, peternakan dan lain sebagainya yang sangat penting dalam kehidupan manusia sehari-hari. Pada sistem *WSN* memungkinkan komunikasi bisa dilakukan dua arah dan dalam arsitektur *WSN* terdiri dari beberapa sensor node yang ditempatkan di tempat yang berbeda-beda akan mengirimkan data secara nirkabel terhadap *header node* yang berfungsi sebagai *router* yang nantinya data dari *header node* akan dikirim secara *wireless* terhadap *client* yang bisa ditampilkan dalam bentuk grafik, tabel atau sebagainya. Contoh ilustrasi dari arsitektur *WSN* bisa dilihat pada gambar 1.



Gambar 2.1. Arsitektur *Wireless Sensor Network*.

(Dargie & Pollabeur, 2010)

Pada gambar 2.1 dapat dijelaskan bahwa data dari beberapa *node* sensor yang berukuran kecil disebar dalam beberapa area. *Node* sensor tersebut dapat merutekan data yang dikumpulkan ke *node* sensor lain yang saling berdekatan. Melalui transmisi radio maka data akan dikirimkan dan kemudian diteruskan ke *base station* atau *header node* yang merupakan penghubung antara *user* dan *node* sensor. Informasi data tersebut bisa diakses oleh *user* melalui *platform* seperti internet yang dapat berfungsi untuk menyimpan, analisis serta memproses data sehingga dapat memungkinkan untuk *user* bisa mengakses data secara *realtime* melalui *server*.

Ada beberapa keuntungan dengan menggunakan teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN) diantaranya yaitu :

1. Praktis karena tidak perlu adanya instalasi kabel yang rumit dan dalam kondisi tertentu lebih menguntungkan dari pada menggunakan *wired* sensor.
2. Sensor dapat bersifat *mobile* sehingga bisa dipindahkan untuk memperoleh data pengukuran yang lebih tepat tanpa mengubah desain atau instalasi.
3. Efisien.
4. Mengurangi total biaya.
5. Dapat mengumpulkan data dalam jumlah besar.
6. Dapat berkomunikasi 2 arah.
7. Konfigurasi *software* lebih mudah

2.4 LORA (Long Range)

LORA (Long Range) adalah teknologi komunikasi nirkabel *low-power spread spectrum* yang diusulkan oleh Semtech pada tahun 2013. Tingkat komunikasi secara keseluruhan rendah karena didasarkan pada pita frekuensi Sub-GHz, yang mengarah pada peningkatan masa pakai baterai dan ekspansi kapasitas jaringan. Karakteristik lain dari *LORA* adalah daya tembusnya, sehingga dapat mencakup area yang relatif luas, terutama di lingkungan konstruksi perkotaan yang kompleks. Berbagai fitur *LORA* membuatnya ideal untuk skala besar, penerapan berbiaya rendah. Sebelum munculnya teknologi *LORA*, ada beberapa teknologi komunikasi nirkabel yang sering digunakan diantaranya yaitu

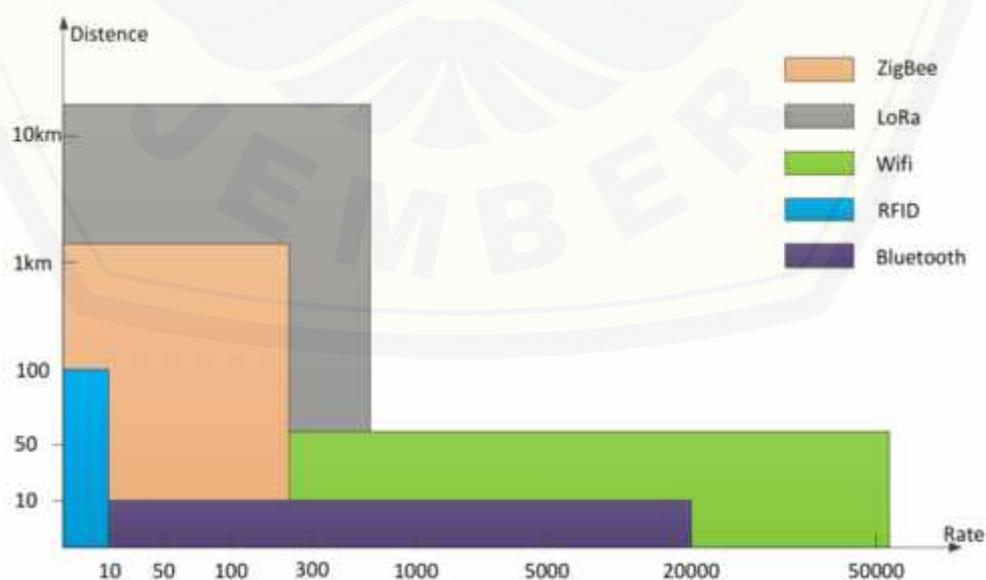
Bluetooth, RFID, Wifi, dan ZigBee. Tabel 2.2 menunjukkan perbandingan beberapa teknologi komunikasi nirkabel.

Tabel 2.2. Perbandingan Parameter Teknologi Komunikasi

No.	Teknologi	Jarak	Max. Rate	Konsumsi daya
1.	<i>Bluetooth</i>	10 m	2 MB/s	<i>Low</i>
2.	WiFi	0~60 m	54 MB/s	<i>High</i>
3.	RFID	0~100 m	10 KB/s	<i>Low</i>
4.	Zigbee	0~1500 m	250 KB/s	<i>Low</i>
5.	<i>LORA</i>	0~15 km	600 KB/s	<i>Low</i>

(Kun Wang, 2017)

Dari tabel 2.2 dapat dilihat bahwa teknologi komunikasi menggunakan *LORA* memiliki jarak jangkauan yang cukup jauh dibanding dengan teknologi komunikasi yang lain dan mempunyai konsumsi daya yang rendah. Akan tetapi pada teknologi *LORA* memiliki kekurangan yaitu nilai *maximum rate* masih jauh dibanding dengan teknologi WiFi. Pada teknologi komunikasi nirkabel memiliki aplikasi yang berbeda, di mana tingkat transmisi dan jangkauan transmisi merupakan faktor kunci untuk menentukan aplikasi yang spesifik. Teknologi komunikasi nirkabel ini dibandingkan sebagai berikut :



Gambar 2.2. Perbandingan Kecepatan Transmisi dan Jarak Jangkauan (iJOE, 2017)

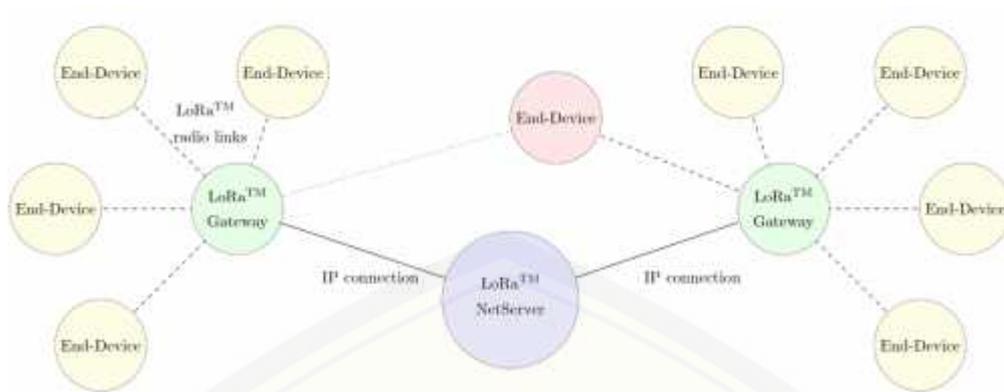
Dapat dilihat pada gambar 2.2 bahwa semakin tinggi tingkat transmisi data, semakin jauh jarak komunikasi, dan semakin besar konsumsi daya. Namun, pada teknologi *LORA* tidak hanya mencapai komunikasi jarak jauh, tetapi juga membutuhkan konsumsi daya yang rendah, sehingga sangat cocok untuk jaringan berskala besar.

2.4.1 Arsitektur *LORA*

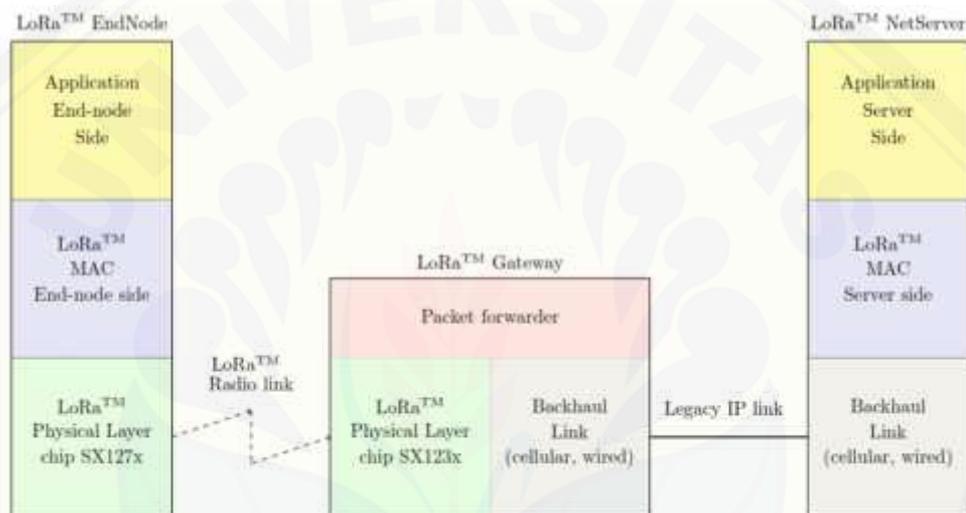
Sistem komunikasi *LORA* terdiri dari tiga komponen utama yaitu :

- a. *LORA end device*, yang berisi sensor atau aktuator yang terhubung melalui *LORA radio interface* dengan *LORA Gateway*.
- b. *LORA gateway*, yang berfungsi untuk menghubungkan antara *LORA end device* dengan *LORA NetServer*.
- c. *LORA NetServer*, merupakan media pengontrol seluruh jaringan yang dapat berfungsi sebagai manajemen sumber daya radio, memproses data, keamanan dan lain-lain.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 bahwa jaringan ini biasanya ditata dalam topologi star dimana *end device* terhubung melalui komunikasi *LORA singlehop* ke satu atau banyak *gateway* yang pada gilirannya akan terhubung ke *NetServer* melalui teknologi internet standar. *Gateway* menyampaikan pesan antara perangkat *end device* dan *NetServer* sesuai dengan arsitektur yang ditunjukkan pada gambar 4. Semua *gateway* yang berhasil memecahkan kode pesan yang dikirim oleh perangkat *end device* akan meneruskan data informasi ke *NetServer* dengan menambahkan beberapa informasi kualitas penerimaan. *NetServer* kemudian membalas perangkat *end device* dengan memilih satu *gateway* tersebut, sesuai dengan beberapa kriteria misalkan konektivitas radio terbaik.



Gambar 2.3. Sistem Arsitektur *LORA* (Lorenzo Vangelista dkk., 2015)



Gambar 2.4. Arsitektur Protokol *LORA* (ResearchGate, 2016)

2.4.2 *LORA Physical Layer*

Komunikasi radio *LORA* didasarkan pada skema modulasi eksklusif, yang merupakan turunan dari *chirp spread spectrum (CSS)*. Dimana *CSS* merupakan teknik *spread spectrum* yang menggunakan pita frekuensi linear untuk memodulasi chirp kedalam bentuk kode informasi yang memungkinkan sinkronisasi waktu dan frekuensi yang lebih sederhana dan lebih akurat, tanpa memerlukan komponen mahal untuk menghasilkan waktu yang stabil di *node LORA*. Pada teknologi ini mendukung laju data variabel sehingga memberikan kemungkinan nilai throughput pada cakupan jarak yang luas, ketahanan atau konsumsi energi yang rendah dengan menjaga *bandwith* konstan.

Chip atau modul *LORA* di desain untuk frekuensi 169 MHz, 433 MHz, dan 915 MHz di USA, tapi di Eropa bekerja pada frekuensi 868 MHz dan di Asia bekerja pada frekuensi 433 MHz sesuai dengan kondisi dan kebijakan peraturan penggunaan frekuensi pada negara tersebut. Pada modulasi *LORA* ditentukan oleh tiga parameter yaitu *bandwidth*, di eropa menggunakan 125 KHz atau 250 KHz, yang kedua yaitu *spreading factor* (SF) yang menentukan panjang dari chirp, dan ketiga yaitu parameter CR yang menentukan nilai dari kode FEC.

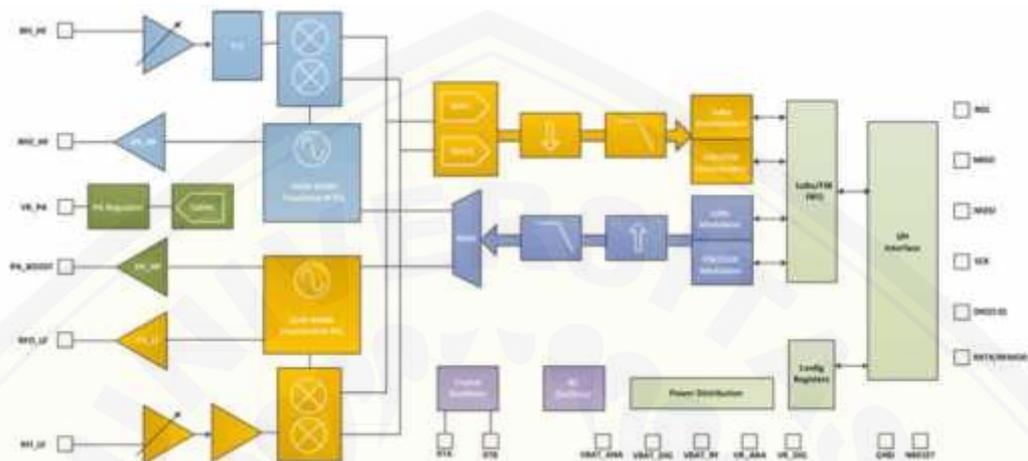
2.4.3 *LORA* MAC

MAC Layer ditetapkan oleh *LORA* Alliance dengan sebutan *LORAWAN*. Yang pada dasarnya merupakan protokol ALOHA yang dikendalikan oleh *LORA NetServer*. Fitur yang membedakan dari *LORA* MAC adalah *Adaptive Data Rate*, yang memungkinkan *NetServer* untuk menyesuaikan tingkat transmisi *end device* dengan mengubah indeks SF, untuk menemukan *tradeoff* terbaik antara efisiensi energi dan ketahanan. Fitur penting lainnya adalah mekanisme keamanan yang kuat yang memerlukan *network key* dan *application key*, yang diatur melalui prosedur aktivasi over-the-air, serta aktivasi dengan prosedur personalisasi (di mana parameter keamanan diatur ke dalam perangkat pada waktu produksi). Pada *LORA* MAC dirancang untuk mencoba meniru IEEE 802.15.4 MAC. Tujuannya untuk menyederhanakan akomodasi, diatas *LORA* MAC dari protokol utama yang sekarang berjalan yaitu MAC IEEE 802.15.4.

2.5 *LORA* SX1278

Transceiver *LORA* SX1278 merupakan sebuah modem *LORA* yang menyediakan jangkauan penyebaran spektrum *ultra long* dan memiliki interferensi tinggi untuk meminimalkan konsumsi daya. Menggunakan teknik modulasi *LORA* yang dipatenkan Semtech, SX1278 dapat mencapai sensitivitas lebih dari -148 dBm menggunakan bahan kristal dengan biaya rendah dan bill of material. Sensitivitas tinggi yang dikombinasikan dengan penguat daya +20 dBm terintegrasi menghasilkan link budget yang menjadikannya optimal untuk aplikasi apa pun yang membutuhkan jarak jangkauan yang jauh. *LORA* memberikan keuntungan yang signifikan dalam pemblokiran dan selektivitas atas teknik

modulasi konvensional, memecahkan masalah jarak jangkauan, gangguan kekebalan dan konsumsi energi. Perangkat ini juga mendukung mode (G)FSK untuk sistem termasuk WMBus, IEEE802.15.4g.



Gambar 2.5. Skema rangkaian SX1278 (www.semtech.com)

Berikut merupakan spesifikasi dari LORA SX1278 :

- a) 168 dB *link budget*
- b) +20 dBm RF output
- c) Tegangan suplai : 1.8 ~ 3.6 V.
- d) Range frekuensi 433 MHz.
- e) SPI data interface.
- f) Modulasi : FSK/GFSK/MSK/LORA
- g) Daya 100 mW.
- h) *Bandwith* 7.8 – 500 KHz.
- i) +14 dBm high efficiency PA
- j) Bit rate up to 300 kbps
- k) High sensitivity : down to -148 dBm.
- l) Excellent blocking immunity.
- m) Low RX current of 9.9 mA, 200 nA register retention.
- n) 127 dB dynamic range RSSI.
- o) Working temperature : -40⁰ C ~+80⁰ C.



Gambar 2.6. Bentuk fisik LORA SX1278
(<https://www.smart-prototyping.com>)

2.6 Arduino UNO

Arduino UNO merupakan sebuah *platform open source* yang berbentuk papan mikrokontroler yang mudah untuk digunakan. Pada arduino uno memiliki 6 pin analog *input* dan 14 pin digital *input/output* (6 diantaranya bisa digunakan sebagai *output* PWM). Arduino uno memiliki 16 MHz quartz crystal, koneksi USB, *power jack*, header ICSP dan tombol *reset*. Arduino ini bisa support microcontroller dan bisa dikoneksikan ke komputer dengan kabel USB. Daya pada arduino diperoleh dari tegangan DC yang dimasukkan ke *power jack* atau pada port USB.

Pada arduino uno menggunakan bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Arduino juga memiliki beberapa kelebihan dibanding dengan *microcontroller* yang lain dimana pada arduino sudah terdapat *loader* berupa USB sehingga memudahkan para pengguna ketika memprogram mikrokontroler yang ada didalamnya. Sedangkan untuk mikrokontroler yang lain biasanya masih menggunakan rangkaian *loader* terpisah untuk memasukkan program kedalam mikrokontrolernya itu sendiri sehingga kurang efisien. Port USB pada arduino juga dapat difungsikan sebagai port komunikasi serial.



Gambar 2.7. Arduino UNO

(<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>)

Kata 'UNO' pada arduino berasal dari bahasa itali yang berarti satu dan Arduino uno merupakan seri pertama dari Arduino yang menggunakan *board* USB. Pada arduino uno untuk 6 pin analog bisa digunakan sebaga output digital jika diperlukan dengan cara mengubah atau mengkonfigurasi pin pada program yang digunakan. *Software* yang digunakan pada arduino uno untuk membuat program dan *upload* program ke mikrokontroler adalah menggunakan *software* Arduino IDE yang berupa bahasa C. Untuk deskripsi dan spesifikasi dari Arduino Uno bisa dilihat di Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Spesifikasi Arduino UNO

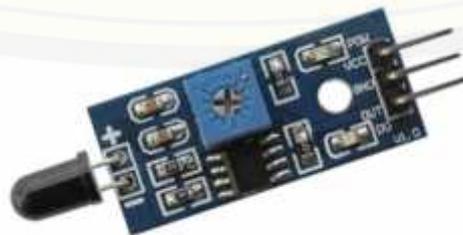
<i>Microcontroller</i>	ATMEGA 328P
Tegangan operasi	5 V
Tegangan input yang disarankan	7-12 V
Tegangan input (batas)	6-20 V
Pin digital I/O	14 pin (6 pin bisa digunakan sebagai output PWM)

Pin digital I/O PWM	6 pin
Pin analog input	6 pin
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC untuk pin tegangan 3.3 V	50 mA
<i>Flash memory</i>	32 KB (ATMega 328P), 0,5 KB diantaranya digunakan untuk <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (ATMega 328P)
EEPROM	1 KB (ATMega 328P)
<i>Clock speed</i>	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Panjang	68.6 mm
Lebar	53.4 mm
Berat	25 gr

(<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>)

2.7 Sensor Api Black IR Receiver

Sensor Api Black IR Receiver merupakan sebuah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi api berdasarkan prinsip kerja inframerah. Berbeda dengan sensor panas yang mendeteksi temperature, pada sensor api ini mendeteksi cahaya api dimana cahaya api termasuk dalam sinar inframerah. Pada modul sensor api yang saya gunakan menggunakan 3 buah pin yang mempunyai fungsinya masing – masing, diantaranya yaitu pin Vcc, Ground dan Analog Output. Jarak deteksi sensor hanya kurang lebih 1 meter dengan rentang panjang gelombang inframerah 760 nm – 1100 nm.



Gambar 2.8 Sensor Api

2.8 ESP 8266

ESP 8266 merupakan modul wifi yang bisa digunakan sebagai perangkat tambahan mikrokontroler seperti arduino agar bisa terhubung dengan wifi dan juga dapat membuat koneksi TCP/IP. ESP 8266 bisa diprogram di Arduino IDE dengan menambahkan *library* ESP 8266. Modul ESP 8266 membutuhkan suplai tegangan 3.3 V dan bekerja pada protokol 802.11 b/g/n serta frekuensi 2.4 GHz. Pada penelitian ini ESP 8266 digunakan untuk mengunggah data hasil monitoring dari 2 node sensor ke server thingspeak agar data monitoring bisa ditampilkan di website thingspeak.



Gambar 2.9. Modul ESP8266 (www.generationrobots.com)

2.9 Sensor MQ2

Sesnor MQ2 merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mendeteksi gas atau asap disekitarnya termasuk gas LPG, CO, Asap, Alkohol, H₂, CH₄, dan propane sehingga sensor ini cocok digunakan dalam penelitian ini karena pada sensor MQ2 ini dapat mendeteksi asap kebakaran. Sensor ini disusun oleh senyawa SnO₂ dan juga terdiri dari tabung alumunium yang dikelilingi dengan silikon serta pada pusatnya terdapat elektroda yang terbuat dari aurum yang memiliki element pemanas. Pada saat terjadi proses pemanasan, kumpanan akan panas sehingga SnO₂ keramik menjadi semikonduktoryang dapat melepaskan elektron dan ketika asap dideteksi oleh sensor dan mencapai aurum elektroda maka sensor MQ2 akan menghasilkan tegangan analog. Sensor ini memiliki 6

masukan yaitu 3 Vcc yang berfungsi sebagai tegangan heater dan sensor, Ground dan juga keluaran sensor. Pada modul MQ2 yang saya gunakan memiliki 4 buah pin diantaranya yaitu Vcc, Ground, Analog dan Digital output.



2.10 Sensor MQ2

Terdapat beberapa spesifikasi pada sensor MQ2 ini diantaranya yaitu :

1. Tegangan masukan +5V
2. Dapat digunakan untuk mendeteksi gas LPG, Alkohol, Propane, Hidrogen, Asap, CO dan juga Metana.
3. Tegangan keluaran analog : 0 – 5V.
4. Tegangan keluaran digital : 0 – 5V.
5. Pemanasan awal 20 detik.
6. Bisa digunakan sebagai sensor Analog atau Digital

2.10 RSSI (*Received Signal Strength Indication*)

RSSI (Received Signal Strength Indication) merupakan parameter pengukuran yang digunakan untuk mengukur kualitas penerimaan sinyal yang diperoleh. *RSSI* ini diukur pada sisi penerima pada saat sedang melakukan komunikasi dengan pengirim. Pengukuran kekuatan sinyal menggunakan unit pengukuran disebut decibel miliwatt, atau dBm. Decibel merupakan unit sederhana yang berhubungan antara dua pengukuran daya. Berdasarkan definisi decibel miliwatt maka $0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$. Jika nilai daya lebih besar dari 1 mW maka nilai dari dBm bernilai positif, sedangkan untuk nilai dibawah 1 mW bernilai negatif.

Nilai dari RSSI bisa dibagi menjadi beberapa level seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Level sinyal RSSI

Level RSSI	Keterangan
-30 to -60	Sangat kuat. Jarak pemancar dan penerima sangat dekat.
-60 to -90	Sangat baik. Cakupan dekat.
-90 to -105	Baik. Terdapat beberapa data yang tidak diterima.
-105 to -115	Buruk. Dapat menerima tetapi sering drop-out
-115 to -120	Sangat buruk. Sinyal lemah data sering hilang.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan beberapa hal pokok yaitu tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan penelitian, tahap penelitian, perancangan alat, blok diagram (*flowchart*), ruang lingkup penelitian, langkah –langkah pengambilan data serta manajemen penelitian. Dalam penelitian ini akan monitoring kebakaran hutan dengan menggunakan teknologi *LORA*. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jarak maksimal serta kualitas sinyal pada jaringan *WSN*.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Skripsi yang berjudul tentang “Implementasi *Wireless Sensor Network (WSN)* Sebagai Pendeteksi Kebakaran Berbasis *LORA*”. Pada penelitian ini akan dilakukan pendeteksian kebakaran dengan menggunakan prototype sistem pendeteksi kebakaran berbasis *LORA*. Pada node sensor akan ditempatkan dengan variasi jarak tertentu yang saling terhubung satu sama lain antara masing – masing node sensor dan juga node coordinator. Pembuatan alat ini akan dimulai pada bulan Desember 2018 dengan tahapan-tahapan yang bisa dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Tugas Akhir

No	Kegiatan	Bulan ke-/Minggu															
		Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literatur dan konsultasi.	■	■														
2	Perancangan alat		■	■	■												
3	Pembuatan alat					■	■	■	■	■	■	■	■				
4	Pengujian alat dan analisa													■	■	■	
5	Penyusunan Laporan													■	■	■	■

Keterangan:



: Kegiatan dilaksanakan

3.2 Ruang Lingkup Kegiatan

Ruang lingkup kegiatan ini berisi tentang batasan-batasan masalah dalam penelitian, dimana batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Objek pada penelitian ini yaitu mendeteksi api yang berpotensi terjadinya kebakaran pada hutan.
- b. Menggunakan sensor black IR Receiver sebagai sensor pendeteksi hujan.
- c. Menggunakan sensor MQ-2 sebagai pendeteksi asap kebakaran.
- d. Menggunakan *LORA SX1278* sebagai modul *LORA*.
- e. Menggunakan 2 node sensor dan 1 *header node*.
- f. Menggunakan ESP 8266 yang digunakan untuk mengupload data ke *website* monitoring.
- g. Menggunakan Thingspeak sebagai *website* monitoring.
- h. Parameter pengukuran yang digunakan yaitu *RSSI* dan daya sinyal dengan perubahan jarak pada kondisi *LOS* dan *NLOS*.
- i. Menggunakan topologi jaringan singlehop.
- j. Perubahan jarak yang dilakukan hingga mencapai batas maksimal pengiriman.

3.3 Jenis dan Sumber Data

Jenis dan sumber data disini akan menjelaskan tentang keseluruhan alat yang akan dibuat, sebagai berikut:

3.3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian yang akan dilakukan terdiri dari perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*software*). diantaranya yaitu :

3.3.2 Perangkat keras (*Hardware*)

Terdapat beberapa perangkat keras (*Hardware*) yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Arduino Uno digunakan untuk memproses data yang diperoleh dari sensor dan mengirimkan data ke modul *LORA*
2. *LORA SX1278* digunakan sebagai modul *LORA* yang berfungsi sebagai node sensor dan *header node*.

3. Sensor Black IR Receiver digunakan untuk mendeteksi api.
4. Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi asap.
5. ESP 8266 digunakan untuk mengirimkan data yang diperoleh pada header node ke *website* monitoring.
6. Laptop yang digunakan untuk menampilkan data hasil deteksi kebakaran menggunakan web.

3.3.3 Perangkat Lunak (*software*)

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Arduino IDE merupakan *software* yang digunakan untuk memprogram Arduino dan *LORA SX1278*.
2. Web browser merupakan aplikasi yang digunakan untuk mengakses *website* monitoring yang digunakan.

3.4 Metode Pengumpulan Data

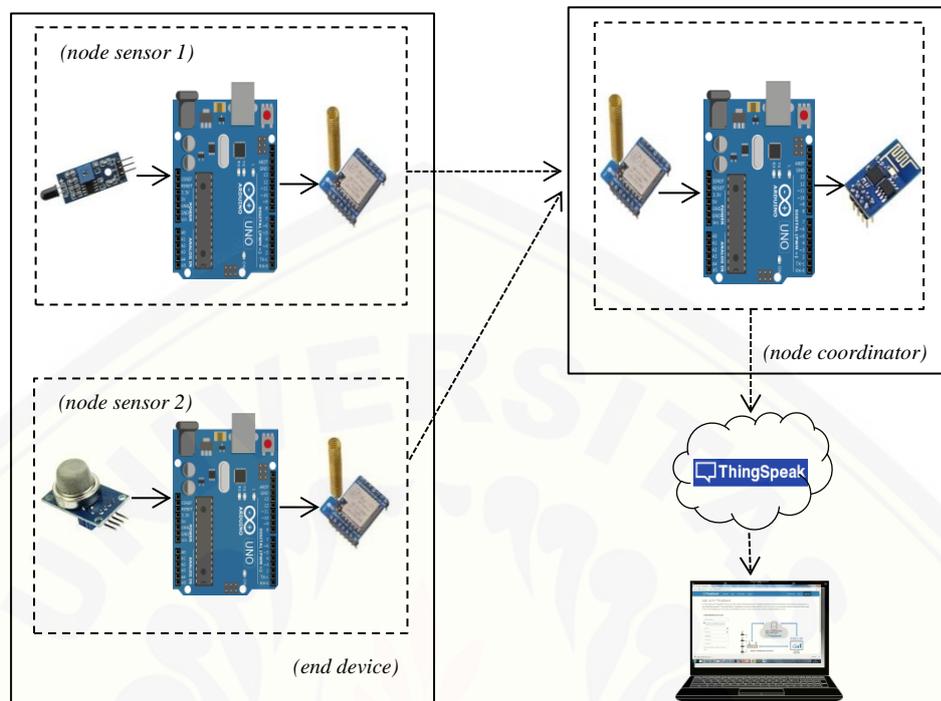
Dalam proses pembuatan rancang alat tugas akhir sistem monitoring ini menggunakan metode *Wireless Sensor Network (WSN)* dengan berbasis *LORA*. Adapun langkah-langkah penelitian yaitu:

- a. Studi Literatur.
- b. Melakukan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.
- c. Melakukan pembuatan rangkaian penyusun sistem.
- d. Melakukan pengujian sistem dan analisa.
- e. Penyusunan laporan.

3.5 Perancangan Alat

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang perancangan alat yang akan diteliti yang terdiri dari beberapa komponen elektronika yang digunakan yaitu Arduino UNO, modul *LORA SX1278*, sensor Black IR Receiver dan juga sensor MQ-2, serta ESP 8266 yang berfungsi untuk melakukan pengiriman data ke *website* monitoring. Pada subbab perencanaan alat ini terdapat dua bagian yaitu blok diagram alat serta *flowchart* kerja sistem alat.

3.5.1 Blok Diagram

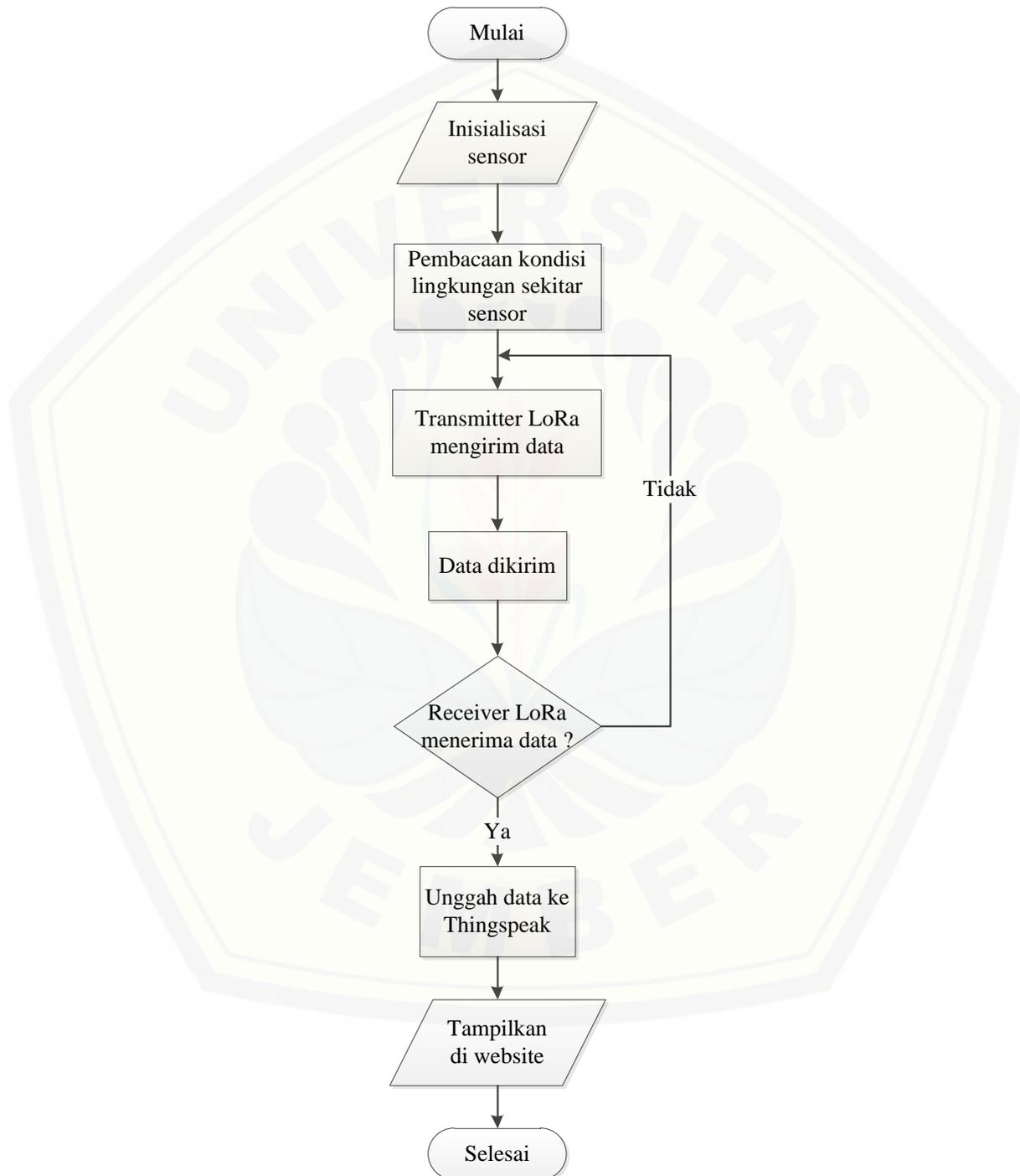


Gambar 3.1. Blok Diagram Sistem

Pada gambar 3.1 merupakan blok diagram sistem monitoring ketinggian air bendungan dan juga deteksi hujan yang terhubung secara wireless (*wireless sensor network*) berbasis *LORA*. Pada sistem tersebut terdapat beberapa komponen yang digunakan yaitu sensor Black IR Receiver, sensor MQ-2, Arduino UNO, *LORA SX1278* dan ESP 8266 serta juga terdapat thingspeak yang digunakan sebagai web server untuk menyimpan dan memproses hasil dari monitoring dan laptop untuk menampilkan hasil monitoring yang ditampilkan lewat server thingspeak. Pada sistem *WSN* tersebut terdapat dua bagian penting yaitu *end device* yang berisi node sensor dan juga *coordinator node* dan terhubung dengan menggunakan topologi *singlehop*. Pada *end device* sistem terdapat dua *node* sensor yaitu sensor Black IR Receiver, sensor MQ-2, Arduino dan juga *LORA SX 1278* yang nantinya data yang diperoleh dari dua *node* sensor tersebut akan dikirim ke *coordinator node*. Pada *coordinator node* terdapat *LORA SX 1278* yang digunakan untuk menerima data dari *end device* dan ESP 8266 yang berfungsi untuk melakukan *upload* data ke web server thingspeak. Data yang

sudah diupload di thinkspeak dapat dilihat oleh user via internet dengan menggunakan web browser lewat laptop.

3.5.2 Flowchart Sistem

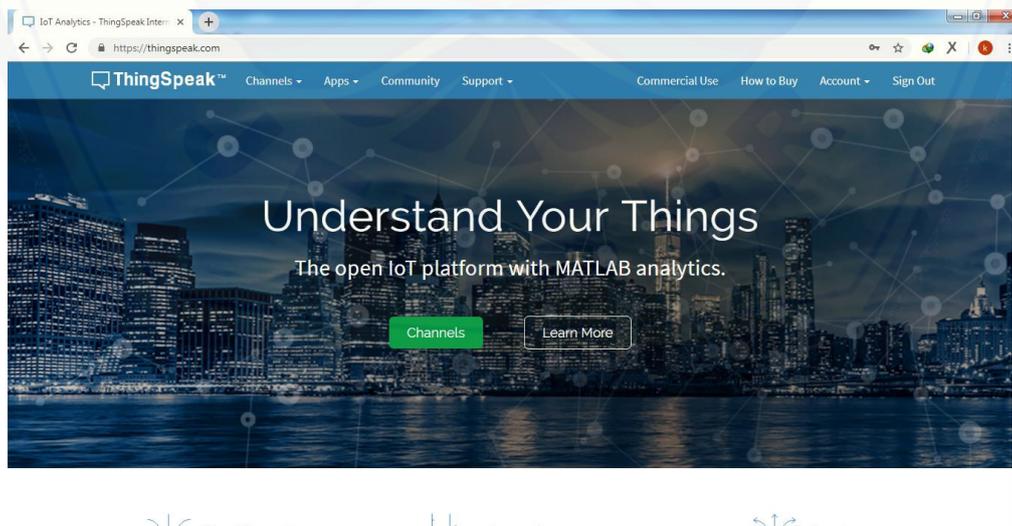


Gambar 3.2. Flowchart sistem monitoring

Pada gambar 3.2 dapat dijelaskan bahwa hal pertama yang dilakukan yaitu inisialisasi sensor, setelah itu sensor akan melakukan pembacaan kondisi lingkungan disekitar sensor. Setelah itu data dari hasil pembacaan sensor akan dikirim melalui transmitter *LORA*, data yang dikirim berupa nilai sensor untuk sensor api dan nilai ppm untuk sensor asap. Kemudian data dikirim menuju ke receiver *LORA* untuk kemudian diproses kembali. Jika data diterima oleh *receiver* maka data tersebut akan diunggah ke *server* thingspeak dan jika tidak diterima maka akan melakukan proses pengiriman kembali. Jika data sudah diunggah ke *server* thingspeak maka data akan ditampilkan di *website* monitoring yang digunakan.

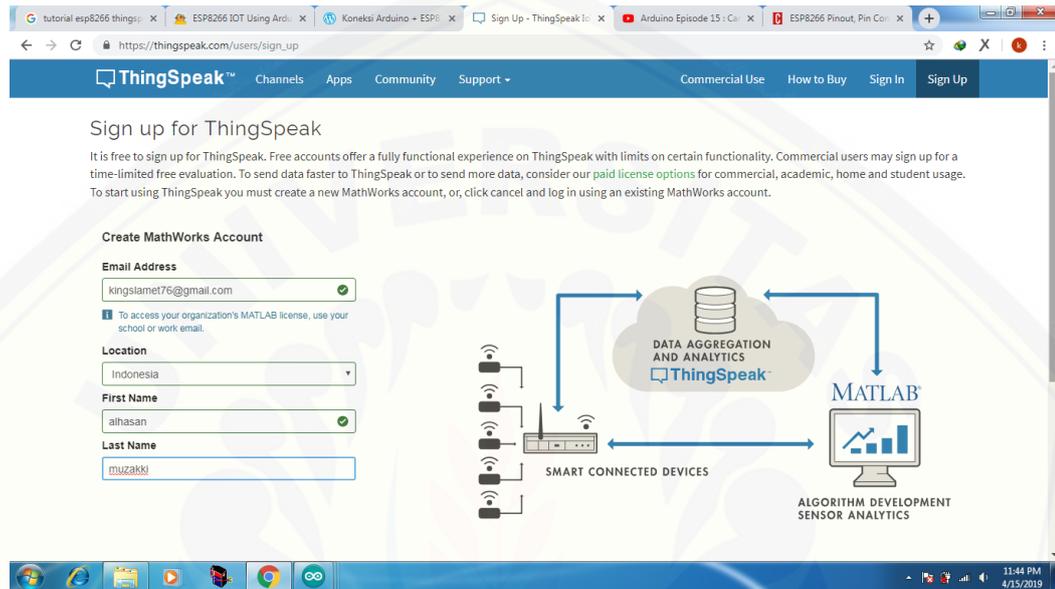
3.5.3 Konfigurasi Web Thingspeak

Thingspeak merupakan sebuah *platform* yang dapat menampilkan data dalam bentuk grafik. Untuk dapat digunakan maka thingspeak harus di konfigurasi terlebih dahulu agar dapat digunakan sesuai dengan yang kita inginkan. Thingspeak disini sudah terintegrasi dengan ESP 8266 sehingga data yang dikirim dari ESP 8266 bisa dibaca dan ditampilkan di web Thingspeak. Thingspeak bisa diakses dari browser atau bisa dengan menggunakan aplikasi thingview.



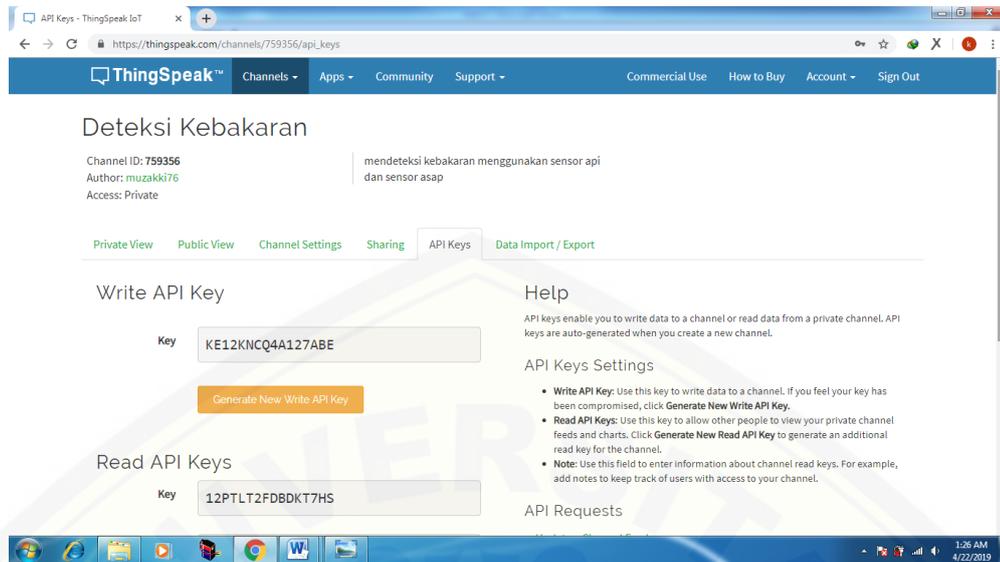
Gambar 3.3 Halaman muka Thingspeak

Untuk dapat mengakses thingspeak maka langkah awal yang dilakukan yaitu dengan mendaftar di akun thingspeak dengan menggunakan e-mail kemudian hanya tinggal memasukkan nama yang akan digunakan serta user ID dan juga password yang akan digunakan.



Gambar 3.4 Tampilan *sign up* Thingspeak

Agar ESP 8266 dapat berkomunikasi dengan Thingspeak maka harus memasukkan kode digit situs yang diberikan Thingspeak pada chanel kita. Kode ini bisa disebut dengan API Key yang bisa dilihat pada Gambar 3.5. Kode API Key yang diperoleh ini kemudian dimasukkan ke dalam konfigurasi program yang sudah dibuat.



Gambar 3.5 API Key Thingspeak

3.5.4 Konfigurasi *LORA* SX1278

Langkah ini dilakukan untuk mengkonfigurasi *LORA* sx1278 agar bisa berkomunikasi sesuai dengan yang diinginkan. Langkah yang dilakukan yaitu dengan cara memasukkan alamat atau address dari *LORA* sx1278 ini ke dalam program arduino.

Gambar 3.6 Proses Konfigurasi *LORA* sx1278

```
byte msgCount = 0;           // count of outgoing messages
byte localAddress = 0xBB;    // address of this device
byte destination = 0xFF;     // destination to send to
long lastSendTime = 0;      // last send time
int interval = 2000;        // interval between sends
```

Gambar 3.7 Program Konfigurasi *LORA* sx1278

Pada gambar 3.6 merupakan gambar dari proses konfigurasi *LORA* sx1278 sebagai node sensor agar dapat berkomunikasi dengan header node dengan menggunakan program seperti yang terdapat pada Gambar 3.7.

3.6 Pengujian Alat

Pada bagian ini akan dijelaskan beberapa pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini, diantaranya pengujian tersebut yaitu pengujian *hardware* dan pengujian *software* :

3.6.1 Pengujian *Hardware*

Pada pengujian *hardware* ini terdapat beberapa alat yang akan dibahas yaitu :

1. Sensor Black IR Receiver dan sensor MQ-2, pada pengujian ini akan dilakukan pengukuran dan pendeteksian api yang dapat menyebabkan kebakaran dengan mendeteksi nyala api dan juga asap yang ditimbulkan oleh kebakaran dan disini akan diuji sensor dapat bekerja dengan baik atau tidak.
2. *LORA* SX1278, pengujiannya dilakukan dengan cara memvariasi jarak dari Tx ke Rx hingga mencapai jarak maksimum alat bisa berkomunikasi dan juga melakukan pengukuran *RSSI* dan juga daya sinyal yang diperoleh dari percobaan.
3. ESP 8266, pengujiannya dilakukan dengan melakukan unggah data ke *server* thingspeak. ESP 8266 dapat melakukan unggah data ke *server* thingspeak atau tidak.

3.6.2 Pengujian *Software*

Pada pengujian *software* ini terdapat beberapa perangkat yang digunakan yaitu :

1. Arduino IDE, pada pengujian ini dilakukan dengan cara mengupload program yang telah dibuat ke dalam *microcontroler* Arduino yang terintegrasi dengan *LORA* SX1278. Jika mengalami kegagalan maka akan dilakukan pengecekan terhadap *library* dari *LORA* serta melakukan pengaturan ulang terhadap modul *LORA* yang digunakan.

2. Thingspeak, pada pengujian ini dilakukan dengan cara menyimpan dan menampilkan hasil monitoring ketinggian air dan deteksi hujan pada web server thingspeak. Jika data tidak keluar maka akan dilakukan pengaturan ulang terhadap web server thingspeak.

3.7 Pengambilan Parameter *RSSI*

Pada pengambilan data parameter *Received Signal Strength Indication (RSSI)* digunakan beberapa skenario percobaan yang dilakukan, yaitu :

3.7.1 Nilai *RSSI* pada saat *Line Off Sight (LOS)*

Pada skenario ini dilakukan pengukuran pada saat kondisi *Line Off Sight (LOS)*. Diukur pada saat *node* sensor 1 terhubung dengan *node coordinator* dan juga pada saat *node* sensor 2 terhubung dengan *node coordinator* dengan jarak pengukuran yang bervariasi hingga mencapai batas maksimum Tx dan Rx bisa dapat berkomunikasi. Spesifikasi pengambilan data bisa dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 3.2. Nilai *RSSI LOS* dari *node* sensor 1 ke *node coordinator*

Jarak (m)	<i>RSSI</i> (dBm)		<i>error</i>
	Pengukuran	Perhitungan	
100			
200			
300			
-			

Tabel 3.3. Nilai *RSSI LOS* dari *node* sensor 2 ke *node coordinator*

Jarak (m)	<i>RSSI</i> (dBm)		<i>error</i>
	Pengukuran	Perhitungan	
100			
200			
300			
-			

3.7.2 Nilai RSSI pada saat *Non Line Off Sight (NLOS)*

Pada skenario ini dilakukan pengukuran pada saat kondisi *Non Line Off Sight (NLOS)*. Diukur pada saat *node* sensor 1 terhubung dengan *node coordinator* dan juga pada saat *node* sensor 2 terhubung dengan *node coordinator* dengan jarak pengukuran yang bervariasi hingga mencapai batas maksimum Tx dan Rx bisa dapat berkomunikasi. Spesifikasi pengambilan data bisa dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 3.4. Nilai RSSI NLOS dari *node* sensor 1 ke *node coordinator*

Jarak (m)	RSSI (dBm)		Error
	Pengukuran	Perhitungan	
50			
100			
150			
-			

Tabel 3.5. Nilai RSSI NLOS dari *node* sensor 2 ke *node coordinator*

Jarak (m)	RSSI (dBm)		error
	Pengukuran	Perhitungan	
50			
100			
150			
-			

3.8 Pengambilan Parameter Daya Sinyal

Pada pengukuran Daya Sinyal, pengujian dilakukan dengan menggunakan rumus perhitungan yang terdapat pada persamaan 2 dan dalam persamaan tersebut menggunakan nilai pengujian sebelumnya yaitu nilai dari RSSI. Dalam pengambilan data daya sinyal terdapat beberapa skenario yang akan digunakan, yaitu :

3.8.1 Nilai Daya Sinyal pada saat *Line Off Sight (LOS)*

Pada skenario ini dilakukan pengukuran pada saat kondisi *Line Off Sight (LOS)*. Diukur pada saat *node* sensor 1 terhubung dengan *node coordinator* dan juga pada saat *node* sensor 2 terhubung dengan *node coordinator* dengan jarak pengukuran yang bervariasi hingga mencapai batas maksimum Tx dan Rx bisa dapat berkomunikasi. Spesifikasi pengambilan data bisa dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 3.6. Nilai Daya Sinyal *LOS* dari *node* sensor 1 ke *node coordinator*

Jarak (m)	RSSI (dBm)	Daya(mW)
100		
200		
300		
-		

Tabel 3.7. Nilai Daya Sinyal *LOS* dari *node* sensor 2 ke *node coordinator*

Jarak (m)	RSSI (dBm)	Daya(mW)
100		
200		
300		
-		

3.8.2 Nilai Daya Sinyal pada saat *Non Line Off Sight (NLOS)*

Pada skenario ini dilakukan pengukuran pada saat kondisi *Non Line Off Sight (NLOS)*. Diukur pada saat *node* sensor 1 terhubung dengan *node coordinator* dan juga pada saat *node* sensor 2 terhubung dengan *node coordinator* dengan jarak pengukuran yang bervariasi hingga mencapai batas maksimum Tx dan Rx bisa dapat berkomunikasi. Spesifikasi pengambilan data bisa dilihat pada Tabel 13 dan Tabel 14.

Tabel 3.8. Nilai Daya Sinyal *NLOS* dari *node* sensor 1 ke *node coordinator*

Jarak (m)	RSSI (dBm)	Daya (mW)
50		
100		
150		
-		

Tabel 3.9. Nilai Daya Sinyal *NLOS* dari *node* sensor 2 ke *node coordinator*

Jarak (m)	RSSI (dBm)	Daya (mW)
50		
100		
150		
-		

3.9 Rumus Perhitungan *RSSI* dan Daya Sinyal

Nilai perhitungan dari *RSSI* dan daya sinyal digunakan untuk mengetahui nilai error persen yang diperoleh. Untuk dapat mengetahui nilai perhitungan *RSSI* dan daya sinyal maka digunakan rumus. Rumus untuk menghitung nilai *RSSI* dan daya sinyal, yaitu :

$$RSSI[dBm] = [P_r(d_0)]_{dBm} = A - 10n \log d \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}} \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

$P_r(d_0)$ merupakan kekuatan sinyal, n adalah indeks *path LOSs*, d adalah jarak dan A merupakan kekuatan sinyal pada penerima dengan jarak 1 m. sebagai contoh saja jika diketahui nilai A sebesar -60 dBm maka nilai *RSSI* bisa diketahui untuk jarak lebih dari 1 m misalkan pada jarak 100 m. yaitu dengan cara :

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -60 - 10 \cdot 2 \cdot \log 100$$

$$RSSI = -100 \text{ dBm}$$

Diketahui bahwa nilai *RSSI* pada jarak 100 m bernilai -100 dBm. Dari nilai *RSSI* tersebut maka dapat diperoleh nilai daya sinyalnya yaitu :

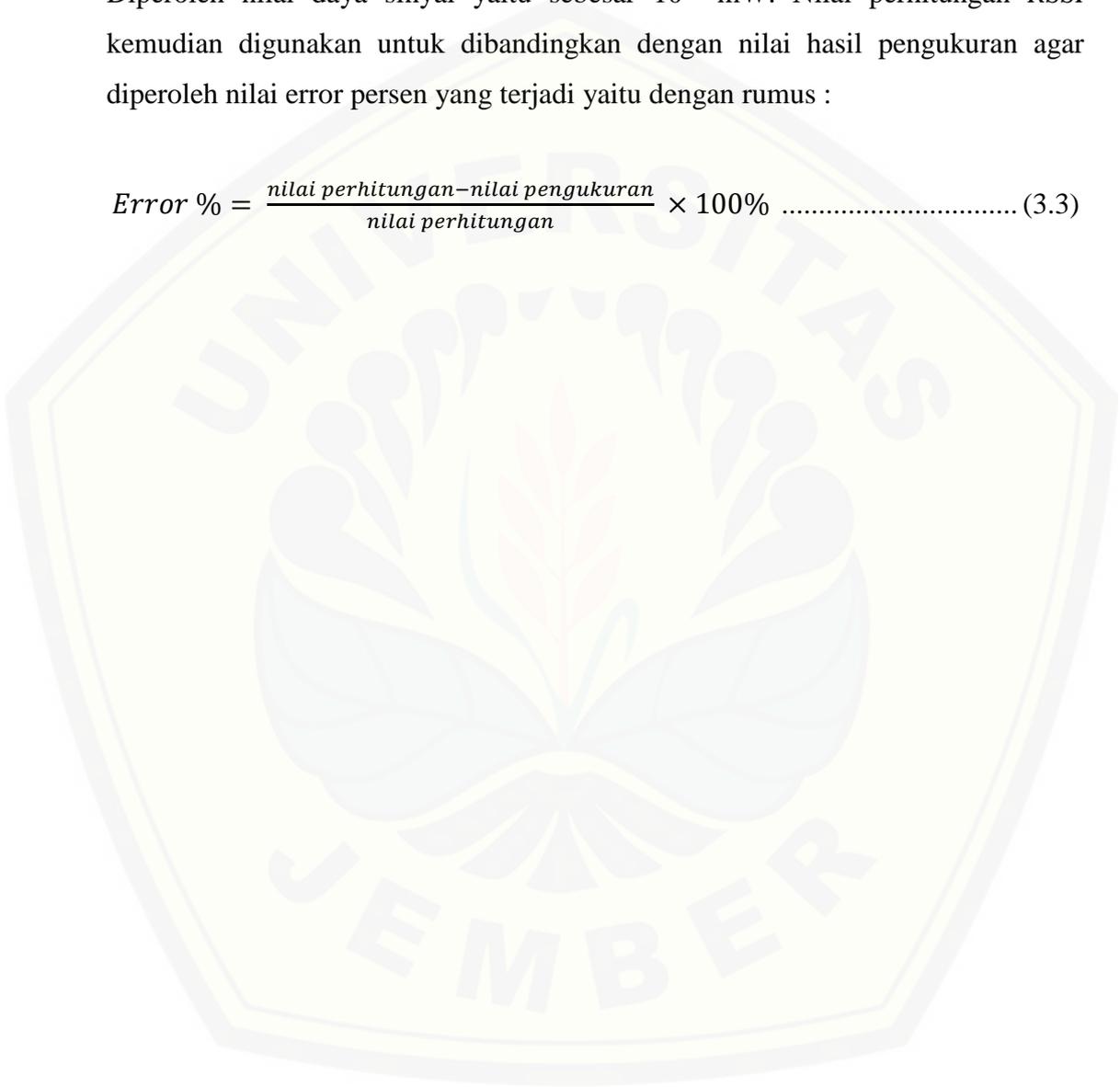
$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-100}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 10^{-7}$$

Diperoleh nilai daya sinyal yaitu sebesar 10^{-7} mW. Nilai perhitungan *RSSI* kemudian digunakan untuk dibandingkan dengan nilai hasil pengukuran agar diperoleh nilai error persen yang terjadi yaitu dengan rumus :

$$Error \% = \frac{\text{nilai perhitungan} - \text{nilai pengukuran}}{\text{nilai perhitungan}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$



BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian dan analisa serta pengujian yang sudah dilakukan maka dari hasil tersebut dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Sistem kerja alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan memanfaatkan frekuensi radio yang terdapat pada *LORA*. *Node 1* dan *node 2* mengirim data ke *header node* dengan memanfaatkan frekuensi radio yang digunakan *LORA* yaitu 433 MHz. dari *header node* data diproses kemudian diupload ke thingspeak untuk dapat ditampilkan data yang diperoleh dalam bentuk grafik.
2. Kualitas sinyal yang diberikan pada sistem *Wireless Sensor Network* dengan menggunakan *LORA* ini dipengaruhi oleh jarak komunikasi antar *node*. Semakin jauh jarak antar *node* maka semakin kecil nilai dari *RSSI* yang dihasilkan. Terbukti pada saat pengujian *RSSI* kondisi *LOS* dan *NLOS*, ketika *node* berjarak 50 meter memiliki nilai *RSSI* -84.9 dBm sedangkan pada jarak 100 meter memiliki nilai *RSSI* -94.7 dBm dan terus mengalami penurunan nilai *RSSI* sampai dengan jarak maksimal pengiriman yaitu pada jarak 450 meter dengan nilai *RSSI* -114 dBm pada kondisi *LOS*. Begitu juga saat kondisi *NLOS* dimana pada jarak 10 meter memiliki nilai *RSSI* -93.5 dBm sedangkan pada jarak 30 meter memiliki nilai *RSSI* -96.2 dBm dan terus mengalami penurunan nilai *RSSI* sampai ke titik maksimal pengiriman yaitu pada jarak 105 meter dengan nilai -112.2 dBm.
3. Nilai *RSSI* dan juga jarak terjauh pengiriman data diperoleh pada saat kondisi *LOS* karena pada kondisi tersebut tidak ada hambatan atau halangan yang menghalangi komunikasi antar *node* sedangkan pada kondisi *NLOS* terdapat halangan atau hambatan yang menghalangi komunikasi antar *node*. Terbukti pada penelitian yang telah dilakukan bahwa pada saat kondisi *LOS* pengiriman terjauh yaitu pada jarak 450 meter dengan nilai *RSSI* -114 dBm sedangkan untuk kondisi *NLOS* pengiriman data terjauh yaitu pada jarak 105 meter dengan nilai *RSSI* -112.2 dBm.

5.2. Saran

Diharapkan untuk penelitian selanjutnya lebih diperbaiki kualitas sinyal yang diberikan oleh *LORA* sehingga diharapkan jarak jangkauan komunikasi *LORA* juga akan semakin jauh serta diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan dan dapat diimplementasikan langsung ke hutan yang berpotensi sering terjadi kebakaran



DAFTAR PUSTAKA

- Adhnaufal, Ahmad Faris., Akbar, Sabriansyah Rizqika., Primananda, Rakhmadhany. 2017. “Implementasi *Low Power Wireless Sensor Network* Untuk Pengukuran Suhu Berbasis NRF Dengan Penjadwalan Pengiriman Data”, Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. Vol.1, No.6. 524 – 533.
- Aditya, Yulfan., Irawan, Budhi., Saputra, Randy Erfa. 2017. “Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali Penerbangan *Quadcopter* Berbasis PID Menggunakan GPS dan Komunikasi Lora Pada Pencarian Pendaki Gunung yang Hilang”. e-Proceeding of Engineering. Vol.4, No.3. 4186 – 4193.
- Arduino Uno. 2018. Arduino Uno Rev3. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. [Diakses pada 15 Maret 2018].
- Datasheet, SX1276/77/78/79 – 137 MHz to 1020 MHz Low Power Long Range Transceiver, © 2016 Semtech Corporation.
- Ghofur, Abdul. 2017. “Implementasi *Wireless Sensor Network* Untuk Sistem *Monitoring* Aktuator”. Jember : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Hakim, Abrar., Hariyawan, M. Yanuar., Widiyari, Cyntia. 2012. “Pengukuran Kelembapan Tanah dan Suhu Udara sebagai Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan melalui *Wireless Sensor Network (WSN) Hardware*”. Jurnal Aksara Elementer Politeknik Caltex Riau. Vol.1, No.1.
- Imanningtyas, Era., Akbar, Sabriansyah Rizqika., Syauqy, Dahnia. 2017. “Implementasi *Wireless Sensor Network* pada Pemantauan Kondisi Struktur Bangunan Menggunakan Sensor *Accelerometer* MMA7361”. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. Vol.1, No.7. 545–554.
- Kurniawan, Aditya., Munadi, Rendy., Mayasari, Ratna. 2016. “Implementasi dan Analisa Jaringan *Wireless Sensor* Untuk Monitoring Suhu, Kelembapan

- dan Kadar CO₂ Pada Ruangan”. Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri (SENIATI) 2016. ISSN : 2085 – 4218.
- Pambudi, Kusbiono Wisno., Jusak., Susanto, Pauladie. 2014. “Rancang Bangun *Wireless Sensor Network* Untuk *Monitoring* Suhu dan Kelembapan Pada Lahan Tanaman Jarak”. *Journal of Control and Network Systems*. Vol.3, No.2. 09 – 17.
- Semtech. 2018. Wireless RF LoRa Transceivers SX 1278. <https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lora-transceivers/SX1278>. [Diakses pada 15 Maret 2018].
- Tenggono, Alfred., Wijaya, Yovan., Kusuma, Erick., Welly. 2015. “Sistem Monitoring dan Peringatan Ketinggian Air Berbasis Web dan SMS Gateway”. *Jurnal Ilmiah SISFOTENIKA*. Vol.5, No.2.
- Vangelista, Lorenzo., Zanella, Andrea., Zorzi, Michele. 2015. “Long-Range IoT Technologies: The Dawn of LoRa”. ResearchGate.
- Wang, Kun. 2017. “Application of Wireless Sensor Network Based on LoRa in City Gas Meter Reading”. *iJOE*. Vol.13, No.12.

LAMPIRAN

A. Dokumentasi



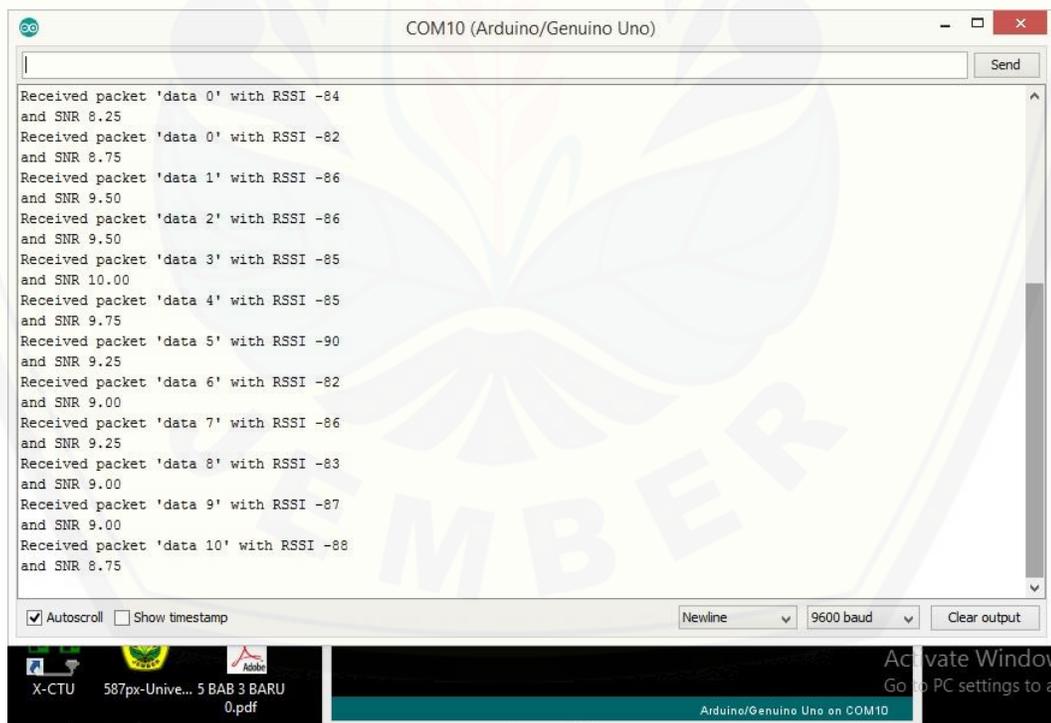
Gambar 1. *Node sensor 1*



Gambar 2. *Node sensor 2*



Gambar 3. Header node



Gambar 4. Tampilan nilai RSSI pada serial monitor

B. Perhitungan RSSI

➤ Perhitungan RSSI kondisi LOS *node 1* ke *header node*

Pada jarak 50 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 16 \log 50$$

$$RSSI = -95.8835 \text{ dBm}$$

Pada jarak 100 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 16 \log 100$$

$$RSSI = -100.7 \text{ dBm}$$

Pada jarak 150 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 150$$

$$RSSI = -112.2 \text{ dBm}$$

Pada jarak 200 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 200$$

$$RSSI = -114.721 \text{ dBm}$$

Pada jarak 250 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 250$$

$$RSSI = -116.659 \text{ dBm}$$

Pada jarak 300 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 300$$

$$RSSI = -118.242 \text{ dBm}$$

Pada jarak 350 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 350$$

$$RSSI = -119.581 \text{ dBm}$$

Pada jarak 400 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 400$$

$$RSSI = -120.741 \text{ dBm}$$

Pada jarak 450 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 450$$

$$RSSI = -121.764 \text{ dBm}$$

➤ Perhitungan RSSI kondisi LOS *node 2* ke *header node*

Pada jarak 50 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 16 \log 50$$

$$RSSI = -95.8835 \text{ dBm}$$

Pada jarak 100 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 16 \log 100$$

$$RSSI = -100.7 \text{ dBm}$$

Pada jarak 150 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 150$$

$$RSSI = -112.2 \text{ dBm}$$

Pada jarak 200 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 200$$

$$RSSI = -114.721 \text{ dBm}$$

Pada jarak 250 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 250$$

$$RSSI = -116.659 \text{ dBm}$$

Pada jarak 300 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 300$$

$$RSSI = -118.242 \text{ dBm}$$

Pada jarak 350 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 350$$

$$RSSI = -119.581 \text{ dBm}$$

Pada jarak 400 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 400$$

$$RSSI = -120.741 \text{ dBm}$$

Pada jarak 450 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 20 \log 450$$

$$RSSI = -121.764 \text{ dBm}$$

➤ Perhitungan RSSI kondisi NLOS *node 1* ke *header node*

Pada jarak 10 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 10$$

$$RSSI = -95.7 \text{ dBm}$$

Pada jarak 20 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 20$$

$$RSSI = -103.828 \text{ dBm}$$

Pada jarak 30 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 30$$

$$RSSI = -108.582 \text{ dBm}$$

Pada jarak 40 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 40$$

$$RSSI = -111.956 \text{ dBm}$$

Pada jarak 50 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 50$$

$$RSSI = -114.572 \text{ dBm}$$

Pada jarak 60 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 60$$

$$RSSI = -116.71 \text{ dBm}$$

Pada jarak 70 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 70$$

$$RSSI = -118.518 \text{ dBm}$$

Pada jarak 80 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 80$$

$$RSSI = -120.08 \text{ dBm}$$

Pada jarak 90 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 90$$

$$RSSI = -121.465 \text{ dBm}$$

Pada jarak 100 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 100$$

$$RSSI = -122.7 \text{ dBm}$$

Pada jarak 105 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 105$$

$$RSSI = -123.272 \text{ dBm}$$

➤ Perhitungan RSSI kondisi NLOS *node 2 ke header node*

Pada jarak 10 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 10$$

$$RSSI = -95.7 \text{ dBm}$$

Pada jarak 20 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 20$$

$$RSSI = -103.828 \text{ dBm}$$

Pada jarak 30 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 30$$

$$RSSI = -108.582 \text{ dBm}$$

Pada jarak 40 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 40$$

$$RSSI = -111.956 \text{ dBm}$$

Pada jarak 50 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 50$$

$$RSSI = -114.572 \text{ dBm}$$

Pada jarak 60 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 60$$

$$RSSI = -116.71 \text{ dBm}$$

Pada jarak 70 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 70$$

$$RSSI = -118.518 \text{ dBm}$$

Pada jarak 80 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 80$$

$$RSSI = -120.08 \text{ dBm}$$

Pada jarak 90 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 90$$

$$RSSI = -121.465 \text{ dBm}$$

Pada jarak 100 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 100$$

$$RSSI = -122.7 \text{ dBm}$$

Pada jarak 105 meter

$$RSSI = A - 10n \log d$$

$$RSSI = -68.7 - 27 \log 105$$

$$RSSI = -123.272 \text{ dBm}$$

C. Perhitungan daya sinyal

- Perhitungan daya sinyal kondisi LOS antara *node* 1 dan *header node*

Pada jarak 50 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-84.9}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 3.236 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 100 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-94.7}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.339 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 150 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-107}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.02 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 200 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-107.8}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.017 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 250 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-112.8}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.005 \times 10^{-6} mW$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-12.7}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.005 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 300 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-112.8}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.005 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 400 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-113.3}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.005 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 450 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-114}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.004 \times 10^{-6} mW$$

➤ Perhitungan daya sinyal kondisi LOS antara *node 2* dan *header node*

Pada jarak 50 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-84}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 3.981 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 100 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-93.5}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.447 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 150 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-110.2}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.01 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 200 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-110.3}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.009 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 250 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-112.9}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.005 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 300 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-112.8}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.005 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 400 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-113.2}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.005 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 450 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-114}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.004 \times 10^{-6} mW$$

➤ Perhitungan daya sinyal kondisi *NLOS* antara *node* 1 dan *header node*

Pada jarak 10 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-93.5}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 4.467 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 20 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-105.5}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.282 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 30 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-96.2}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 2.399 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 40 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-108.6}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.129 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 50 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-111}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.079 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 60 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-113.4}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.046 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 70 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-113}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.05 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 80 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-111.7}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.068 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 90 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-112.3}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.059 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 100 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-112.3}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.06 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 105 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-112.2}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.06 \times 10^{-6} mW$$

➤ Perhitungan daya sinyal kondisi *NLOS* antara *node 2* dan *header node*

Pada jarak 10 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-89}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 12.59 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 20 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-105.9}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.257 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 30 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-98.7}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1.349 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 40 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-108.1}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.155 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 50 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-111.5}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.071 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 60 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-112.7}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.054 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 70 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-111.5}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.071 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 80 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-112.2}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.06 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 90 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-112.6}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.055 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 100 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-110.4}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.091 \times 10^{-6} mW$$

Pada jarak 105 meter

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{dBm}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 1000 \times 10^{\frac{-111.6}{10}}$$

$$P_{out}(mW) = 0.069 \times 10^{-6} mW$$

D. Listing program

➤ Listing program RSSI end device

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
int counter = 0;
void setup() {
    Serial.begin(9600);
```

```

while (!Serial);
Serial.println("LoRa Sender");
if (!LoRa.begin(915E6)) {
  Serial.println("Starting LoRa failed!");
  while (1);
}
}
void loop() {
  Serial.print("Sending packet: ");
  Serial.println(counter);
  // send packet
  LoRa.beginPacket();
  LoRa.print("hello ");
  LoRa.print(counter);
  LoRa.endPacket();
  counter++;
  delay(5000);
}

```

➤ *Listing program RSSI node coordinator*

```

#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);
  Serial.println("LoRa Receiver");
  if (!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println("Starting LoRa failed!");
    while (1);
  }
}
void loop() {
  // try to parse packet
  int packetSize = LoRa.parsePacket();
  if (packetSize) {
    // received a packet
    Serial.print("Received packet ");
    // read packet
    while (LoRa.available()) {
      Serial.print((char)LoRa.read());
    }
    // print RSSI of packet
    Serial.print(" with RSSI ");
  }
}

```

```

        Serial.println(LoRa.packetRssi());
    }
}

```

► *Listing program node sensor 1*

```

#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
int sensor = A0;
int nilaisensor = 0;
const int csPin = 7;
const int resetPin = 6;
const int irqPin = 1;
String outgoing;
byte msgCount = 0;
byte localAddress = 0xBB;
byte destination = 0xFF;
long lastSendTime = 0;
int interval = 2000;
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    while (!Serial);
    Serial.println("node1");
    LoRa.setPins(csPin, resetPin, irqPin);
    if (!LoRa.begin(433E6)) {
        Serial.println("LoRa init failed. Check your
connections.");
        while (true)
        {
            Serial.println("LoRa init succeeded.");
        }
    }
    void loop() {
        if (millis() - lastSendTime > interval) {
            nilaisensor = analogRead(sensor); // send a
message
            sendMessage(nilaisensor);
            Serial.println("Sending " + nilaisensor);
            lastSendTime = millis(); // timestamp
the message
            interval = random(2000) + 1000; // 2-3 seconds
        }
        onReceive(LoRa.parsePacket());
    }

    void sendMessage(String outgoing) {

```

```
LoRa.beginPacket();
LoRa.write(destination);
LoRa.write(localAddress);
LoRa.write(msgCount);
LoRa.write(outgoing.length());
LoRa.print(outgoing);
LoRa.endPacket();
msgCount++;
}
void onReceive(int packetSize) {
  if (packetSize == 0) return;
  int recipient = LoRa.read();
  byte sender = LoRa.read();
  byte incomingMsgId = LoRa.read();
  byte incomingLength = LoRa.read();
  String incoming = "";
  while (LoRa.available()) {
    incoming += (char)LoRa.read();
  }

  if (incomingLength != incoming.length()) {
    Serial.println("error: message length does not
match length");
    return;
  }

  if (recipient != localAddress && recipient != 0xFF)
  {
    Serial.println("This message is not for me.");
    return;
  }
  Serial.println("Sent to: 0x" + String(recipient,
HEX));
  Serial.println("Message ID: " +
String(incomingMsgId));
  Serial.println("Message length: " +
String(incomingLength));
  Serial.println("Message: " + incoming);
}
```

➤ Listing program *node sensor 2*

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
int sensor = A0;
const int csPin = 7;
const int resetPin = 6;
const int irqPin = 1;
String outgoing;
byte msgCount = 0;
byte localAddress = 0xBA;
byte destination = 0xFF;
long lastSendTime = 0;
int interval = 2000;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);
  Serial.println("node2");
  LoRa.setPins(csPin, resetPin, irqPin)
  if (!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println("LoRa init failed. Check your
connections.");
    while (true
  }

  Serial.println("LoRa init succeeded.");
}
void loop() {
  if (millis() - lastSendTime > interval) {
    sensorValue = analogRead(A0);
    float sensor_volt = sensorValue*5.0/1024.0;
    RS_gas = (5.0-sensor_volt)/sensor_volt;
    ratio = RS_gas/0.7;
    float power= pow(ratio,-1.41);
    float ppm = 104.2 * power;
    sendMessage(ppm);
    Serial.println("Sending " + ppm);
    lastSendTime = millis();           // timestamp
the message
    interval = random(2000) + 1000;   // 2-3 seconds
  }
  onReceive(LoRa.parsePacket());
}

void sendMessage(String outgoing) {
  LoRa.beginPacket();
```

```
LoRa.write(destination);
LoRa.write(localAddress);
LoRa.write(msgCount);
LoRa.write(outgoing.length());
LoRa.print(outgoing);
LoRa.endPacket();
msgCount++;
}
void onReceive(int packetSize) {
  if (packetSize == 0) return;
  int recipient = LoRa.read();
  byte sender = LoRa.read();
  byte incomingMsgId = LoRa.read();
  byte incomingLength = LoRa.read();
  String incoming = "";
  while (LoRa.available()) {
    incoming += (char)LoRa.read();
  }

  if (incomingLength != incoming.length()) {
    Serial.println("error: message length does not
match length");
    return;
  }

  if (recipient != localAddress && recipient != 0xFF)
  {
    Serial.println("This message is not for me.");
    return;
  }
  Serial.println("Sent to: 0x" + String(recipient,
HEX));
  Serial.println("Message ID: " +
String(incomingMsgId));
  Serial.println("Message length: " +
String(incomingLength));
  Serial.println("Message: " + incoming);
}
```

➤ *Listing program header node*

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define RX 10
#define TX 11
String AP = "Hansaplast"; // CHANGE ME
String PASS = "Gorengan5"; // CHANGE ME
String API = "KE12KNCQ4A127ABE"; // CHANGE ME
String HOST = "api.thingspeak.com";
String PORT = "80";
String field1 = "field1";
String field2 = "field2";
const int csPin = 7;
const int resetPin = 6;
const int irqPin = 1;
String outgoing;
byte msgCount = 0;
byte localAddress = 0xFF;
long lastSendTime = 0;
int interval = 2000;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);
  Serial.println("H.node");
  LoRa.setPins(csPin, resetPin, irqPin)
  if (!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println("LoRa init failed. Check your
connections.");
    while (true
  }

  Serial.println("LoRa init succeeded.");
}
void onReceive(int packetSize) {
  if (packetSize == 0) return;
  int recipient = LoRa.read();
  byte sender = LoRa.read();
  byte incomingMsgId = LoRa.read();
  byte incomingLength = LoRa.read();
  String incoming = "";
  while (LoRa.available()) {
    incoming += (char)LoRa.read();
  }
}
```

```
    if (incomingLength != incoming.length()) {
        Serial.println("error: message length does not
match length");
        return;
    }
    if (recipient != localAddress && recipient != 0xFF)
    {
        Serial.println("This message is not for me.");
        return;
    }
    Serial.println("Received from: 0x" +
String(sender, HEX));
    Serial.println("Message ID: " +
String(incomingMsgId));
    Serial.println("Message length: " +
String(incomingLength));
    Serial.println("Message: " + incoming);
}
```