PENERAPAN PROTOKOL ZIGBEE PADA SISTEM PEMANTAUAN KADAR GAS METANA DI LAHAN GAMBUT

FAUZI AZHAR PRATAMA
H1051211075

SKRIPSI

PROGRAM STUDI REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

PENERAPAN PROTOKOL ZIGBEE PADA SISTEM PEMANTAUAN KADAR GAS METANA DI LAHAN GAMBUT

FAUZI AZHAR PRATAMA
H1051211075

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer pada Program Studi Rekayasa Sistem Komputer

PROGRAM STUDI REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Penerapan Protokol ZigBee pada Sistem Pemantauan Kadar Gas Metana di Lahan Gambut
Nama Mahasiswa	:	Fauzi Azhar Pratama
NIM	:	H1051211075
Jurusan/Program Studi	:	Rekayasa Sistem Komputer
Tanggal Lulus	:	21 Juli 2025
SK Pembimbing	:	No. 4168/UN22.8/TD.06/2024/10 Desember 2024
SK Penguji	:	No. 2339/UN22.8/TD.06/2025/18 Juli 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Syamsul Bahri, S.Kom., M.Cs.	Hafiz Muhardi, S.T., M.Kom.
NIP. 198802272015041001	NIP. 199007232023211017

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Ikhwan Ruslianto, S.Kom., M.Cs.	Rahmi Hidayati, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198607012014041001	NIP. 198607202015042001

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Syamsul Bahri, S.Kom., M.Cs.	Hafiz Muhardi, S.T., M.Kom.
NIP. 198802272015041001	NIP. 199007232023211017

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si, M.Si.
NIP 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Fauzi Azhar Pratama
NIM	: H1051211075
Program Studi/Jurusan	: Rekayasa Sistem Komputer
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 21 Juli 2025

Meterai

Fauzi Azhar Pratama
H1051211075

Penerapan Protokol ZigBee pada Sistem Pemantauan Kadar Gas Metana di Lahan Gambut

Abstrak

Lahan gambut di Desa Sepuk Laut berpotensi menghasilkan gas metana (CH_4) dalam kadar tinggi yang mudah terbakar dan berisiko jika melebihi ambang batas. Untuk itu, dirancang sistem pemantauan gas metana berbasis ZigBee dengan dua titik pemantauan menggunakan Arduino Uno, sensor MQ-5, dan XBee S2 sebagai *End Device*. Data dikirim ke Gateway berbasis ESP8266 dan XBee S2 sebagai *Coordinator*, dan diteruskan ke ThingSpeak setiap 15 detik. Hasil menunjukkan kadar gas metana bervariasi dengan kecenderungan meningkat pada siang hingga sore hari. Pengujian catu daya portabel selama 12 jam menunjukkan rata-rata daya terpakai sebesar 19% pada Node A, 18% pada Node B, dan 11% pada Gateway. Dengan power bank penuh, Node dapat menyala hingga 53 jam dan Gateway hingga 74 jam. Dari 420 paket data yang dikirim, jarak 50 meter menerima 97,1% data, jarak 100 meter menerima 82,9% data, dan 150 meter menerima 25,7% data. Pada jarak 50–100 meter, rata-rata *delay* 21–24 ms, *throughput* 74–86 bps, dan *packet loss* <5%, sedangkan pada 150 meter, *delay* >2300 ms, *throughput* 1–3 bps, dan *packet loss* >96%. Sistem Pemantauan metana dengan ZigBee optimal digunakan hingga 100 meter dan layak diterapkan untuk pemantauan gas metana di lahan gambut Desa Sepuk Laut untuk melihat tren kadar gas metana.

Kata kunci: *Delay*, Metana, *Packet Loss*, *Throughput*, ZigBee.

Implementation of the ZigBee Protocol in a Methane Gas Monitoring System in Peatlands

Abstract

Peatlands in Sepuk Laut Village have the potential to produce high concentrations of methane gas (CH_4), which is highly flammable and poses a risk when exceeding the threshold. Therefore, a ZigBee-based methane gas monitoring system was designed with two monitoring points using Arduino Uno, MQ-5 sensors, and XBee S2 as End Devices. Data is transmitted to a Gateway based on ESP8266 and XBee S2 as the Coordinator, then forwarded to ThingSpeak every 15 seconds. The results show that methane concentrations vary, with a tendency to increase from midday to afternoon. Portable power supply testing for 12 hours showed an average power consumption of 19% for Node A, 18% for Node B, and 11% for the Gateway. With a fully charged power bank, the nodes can operate for up to 53 hours and the gateway for up to 74 hours. Out of 420 transmitted data packets, 97.1% were received at 50 meters, 82.9% at 100 meters, and 25.7% at 150 meters. At distances of 50–100 meters, the average delay was 21–24 ms, throughput 74–86 bps, and packet loss <5%, while at 150 meters, delay exceeded 2300 ms, throughput was 1–3 bps, and packet loss >96%. The ZigBee-based methane monitoring system is optimal for up to 100 meters and is suitable for monitoring methane gas trends in the peatlands of Sepuk Laut Village.

Keywords: *Delay*, *Methane, Packet Loss, Throughput, ZigBee.*

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusunan skripsi berjudul "**Penerapan Protokol ZigBee pada Sistem Pemantauan Kadar Gas Metana di Lahan Gambut**" dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan pada jenjang sarjana dan mendapatkan gelar Sarjana Komputer (S.Kom) di Universitas Tanjungpura.

Selama proses penyusunan skripsi, banyak menerima bantuan dan dukungan. Serta bimbingan yang diberikan oleh berbagai pihak. Atas segala kontribusi tersebut, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
2. Bapak Tedy Rismawan, S.Kom., M.Cs., selaku Ketua Jurusan Rekayasa Sistem Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
3. Bapak Syamsul Bahri, S.Kom., M.Cs., sebagai dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Hafiz Muhardi, S.T., M.Kom., sebagai dosen pembimbing kedua yang telah memberikan arahan dan saran yang membangun dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Ikhwan Ruslianto, S.Kom., M.Cs., sebagai dosen penguji pertama yang telah memberikan saran dan arahan dalam penulisan skripsi ini.
6. Ibu Rahmi Hidayati, S.Kom., M.Cs., sebagai dosen penguji kedua yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
7. Bapak Uray Ristian, S.Kom., M.Kom., sebagai dosen Pembimbing Akademik (PA) yang memberi masukan serta motivasi membangun selama masa perkuliahan.
8. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan, bantuan, doa, motivasi, dan kasih sayang tanpa henti sepanjang perjalanan proses dalam

masa perkulihan serta dalam berbagai aspek kehidupan.

9. Saudara Muhammad Faishal Hady yang memberi semangat, melakukan penelitian bersama dan membantu belajar dalam hal teori dan pemrograman sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
10. Saudari Maulidia yang sudah memberi inspirasi judul tugas akhir, melakukan penelitian bersama, bantuan materi serta dukungan dan semangat sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
11. Para rekan-rekan seperjuangan mahasiswa khususnya Sistem Komputer angkatan 2021 yang telah bersama-sama dalam menjalani proses perkuliahan.
12. Semua pihak yang terlibat langsung maupun yang tidak langsung dalam penulisan skripsi ini.

Disadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini masih banyak hal yang dapat disempurnakan. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menjadi bahan evaluasi di masa mendatang. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan maupun yang tertarik pada bidang terkait.

Pontianak, 21 Juli 2025

Fauzi Azhar Pratama

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
Abstrak iv
Abstract v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR KODE PROGRAM xiv
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Sistematika Penulisan 5
BAB 2 LANDASAN TEORI 7
2.1 Penelitian Terdahulu 7
2.2 Protokol ZigBee 8
2.2.1 Lapisan Protokol ZigBee 9
2.2.2 Jenis Node Protokol ZigBee 10
2.2.3 Metode Pengiriman Data Protokol ZigBee 11
2.3 NodeMCU ESP8266 11
2.4 Arduino Uno 12
2.5 Sensor MQ-5 13
2.6 Power Bank 14
2.7 XBee USB Adapter 14
2.8 DIGI XCTU 15
2.9 Arduino IDE 16

2.10 ThingSpeak 17
2.11 *Quality of Service* 17
2.12 *Parts Per Million* 19
BAB 3 METODE PENELITIAN 21
3.1 Studi Literatur 21
3.2 Analisis Kebutuhan 22
3.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras 22
3.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak 22
3.3 Perancangan Sistem 23
3.4 Implementasi Sistem 23
3.5 Pengujian Sistem 24
3.6 Kesimpulan dan Saran 24
BAB 4 PERANCANGAN 25
4.1 Deskripsi Sistem 25
4.2 Perancangan Arsitektur Sistem 27
4.3 Perancangan Perangkat Keras 27
4.3.1 Komponen Sistem 28
4.3.2 Konfigurasi Modul XBee 30
4.4 Perancangan Perangkat Lunak 31
4.4.1 Perancangan Node Sensor 31
4.4.2 Perancangan Gateway 32
4.4.3 Struktur Data dan Pengiriman ke ThingSpeak 33
4.5 Perancangan Pengujian 34
4.5.1 Perancangan Pengujian Daya 34
4.5.2 Perancangan Pengujian Kinerja Jaringan 35
4.5.3 Perancangan Pengujian Fungsional 37
BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN, DAN PEMBAHASAN 38
5.1 Implementasi Sistem 38
5.1.1 Implementasi Perangkat Keras 38
5.1.2 Implementasi Platform ThingSpeak 39
5.1.3 Implementasi Konfigurasi ZigBee 40

5.2 Kode Program 42
5.2.1 Kode Program pada Node Sensor 42
5.2.2 Kode Program Inisialisasi Gateway 43
5.2.3 Kode Program Proses Data di Gateway 44
5.2.4 Kode Program Pengiriman di Gateway 46
5.3 Visualisasi Data Gas Metana pada ThingSpeak 47
5.4 Pengujian Sistem 48
5.4.1 Pengujian Daya 48
5.4.2 Pengujian Koneksi Perangkat 50
5.4.3 Pengujian Koneksi ZigBee 51
5.4.4 Pengiriman dan Penerimaan Data 51
5.4.5 Pengujian Buffer Gateway 55
5.4.6 Pengujian *Delay* 56
5.4.6 Pengujian *Throughput* 61
5.4.7 Pengujian *Packet Loss* 65
5.5 Pembahasan 69
BAB 6 PENUTUP 73
6.1 Kesimpulan 73
6.2 Saran 73
DAFTAR PUSTAKA 75
LAMPIRAN 78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Layer pada Protokol ZigBee 10
Gambar 2.2 Modul XBee Protokol ZigBee 11
Gambar 2.3 NodeMCU ESP8266..... 12
Gambar 2.4 Arduino Uno 13
Gambar 2.5 Sensor MQ-5..... 13
Gambar 2.6 Power Bank..... 14
Gambar 2.7 XBee USB Adapter..... 15
Gambar 2.8 DIGI XCTU……..……..15
Gambar 2.9 Arduino IDE……..16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian……....21
Gambar 4.1 Diagram Alir Sistem.……26
Gambar 4.2 Rancangan Arsitektur Sistem 27
Gambar 4.3 Perancangan Node 29
Gambar 4.4 Perancangan Gateway..... 29
Gambar 4.5 Flowchart Node Sensor..... 32
Gambar 4.6 Flowchart Gateway..... 33
Gambar 4.7 Lokasi Pengujian 36
Gambar 4.8 Skenario Pengujian Jarak..... 36
Gambar 5.1 Implementasi Perangkat Keras (Node Sensor)……....39
Gambar 5.2 Implementasi Perangkat Keras (Gateway) 39
Gambar 5.3 Konfigurasi ZigBee Gateway 42
Gambar 5.4 Konfigurasi ZigBee Node Sensor..... 42
Gambar 5.5 Tampilan Data Metana pada ThingSpeak..... 47
Gambar 5.6 Pengujian Koneksi Perangkat 51
Gambar 5.7 Pengujian Koneksi ZigBee dari Router 51
Gambar 5.8 Pengujian Koneksi ZigBee dari Coordinator..... 51
Gambar 5.9 Pengujian Pengiriman Data Node A..... 52
Gambar 5.10 Pengujian Pengiriman Data Node B 52
Gambar 5.11 Pengujian Penerimaan Data Gateway..... 52
Gambar 5.12 Pengujian Buffer Gateway..... 56
Gambar 5.13 Pengujian *Delay*..... 57

Gambar 5.14 Pengujian *Throughput* 61
Gambar 5.15 Pengujian *Packet Loss* 65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu 7
Tabel 2.2 Perbandingan Spesifikasi Antara ZigBee, *Wi-Fi,* dan Bluetooth 8
Tabel 2.3 Parameter yang dikonfigurasi 16
Tabel 2.4 Kategori *Delay* 18
Tabel 2.5 Kategori *Throughput* 18
Tabel 2.6 Kategori *Packet Loss* 19
Tabel 4.1 Koneksi Pin pada Node 30
Tabel 4.2 Koneksi Pin pada Gateway 30
Tabel 4.3 Parameter Pengujian Daya 35
Tabel 5.1 Konfigurasi *Field* ThingSpeak 40
Tabel 5.2 Konfigurasi Modul XBee 41
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Daya Node A dan Node B 48
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Daya Gateway 49
Tabel 5.5 Nilai Gas Metana di Node A 54
Tabel 5.6 Nilai Gas Metana di Node B 55
Tabel 5.7 Hasil Pengujian *Delay* Node A 59
Tabel 5.8 Hasil Pengujian *Delay* Node B 60
Tabel 5.9 Hasil Pengujian *Throughput* Node A 63
Tabel 5.10 Hasil Pengujian *Throughput* Node B 64
Tabel 5.11 Hasil Pengujian *Packet Loss* Node A 67
Tabel 5.12 Hasil Pengujian *Packet Loss* Node B 68

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 5.1 Node Sensor 43
Kode Program 5.2 Inisialisasi Gateway 44
Kode Program 5.3 Proses Data Gateway 45
Kode Program 5.4 Pengiriman Gateway 46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Data Pengujian pada Jarak 50 meter..... 78
Lampiran 2 Daftar Data Pengujian pada Jarak 100 meter..... 79
Lampiran 3 Daftar Data Pengujian pada Jarak 150 meter..... 80
Lampiran 4 Implementasi Gateway di Lahan Gambut Desa Sepuk Laut 81
Lampiran 5 Implementasi Node A di Lahan Gambut Desa Sepuk Laut..... 81
Lampiran 6 Implementasi Node B di Lahan Gambut Desa Sepuk Laut..... 81
Lampiran 7 Pengujian *Bandwidth* di Desa Sepuk Laut..... 82
Lampiran 8 Dokumentasi Daerah Pengujian..... 82
Lampiran 9 Dokumentasi Persiapan Pengujian..... 82

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lahan gambut terbentuk dari akumulasi sisa tanaman yang terjebak dalam kondisi jenuh air, menciptakan lingkungan anaerobik yang memperlambat dekomposisi. Kondisi ini menghambat aktivitas mikroorganisme aerobik dan memungkinkan bakteri metanogen, yang mampu hidup tanpa oksigen, mendominasi proses dekomposisi. Bakteri tersebut menghasilkan gas metana (CH_4) melalui proses metanogenesis (Amalo dkk., 2023). Sebagian metana yang terbentuk tidak langsung terlepas ke atmosfer karena dikonsumsi oleh bakteri metanotrof yang hidup di lapisan atas tanah gambut atau di sekitar zona perakaran (IUCN, 2024).

Keseimbangan antara produksi dan konsumsi metana ini sangat bergantung pada kondisi ekologis lahan gambut. Ketika keseimbangan tersebut terganggu akibat perubahan penggunaan lahan, misalnya konversi menjadi area industri, perkebunan, atau pemukiman, maka potensi emisi metana akan meningkat. Di Indonesia, hal ini terjadi di berbagai wilayah, termasuk Kalimantan Barat yang memiliki lahan gambut seluas 940.125,81 hektar atau 6,38% dari total wilayahnya (SIAR, 2024). Adanya perubahan kondisi lingkungan lahan gambut dapat memicu kerusakan ekosistem secara berkelanjutan. Akibatnya, konsentrasi metana yang tidak terkontrol dapat membahayakan kesehatan pernapasan dan menimbulkan risiko lingkungan karena sifatnya yang mudah terbakar, tidak berbau dan tidak berwarna (Novantri & Oktiawati, 2022). Menurut NIOSH, ambang batas paparan aman adalah 1000 ppm selama 8 jam, pada konsentrasi 50.000–150.000 ppm berpotensi meledak, dan 500.000 ppm dapat menyebabkan asfiksia atau kondisi tidak cukup oksigen (Davda, 2020).

Bukti peningkatan emisi metana terdapat di Desa Sepuk Laut, Kabupaten Kubu Raya, yang terlihat dari unggahan Instagram Pontianak Media pada 10 Juli 2024 (POMED, 2024). Dalam unggahan tersebut, seseorang menggali tanah sedalam 7-9 cm dengan diameter sekitar 5 cm, kemudian dipicu menggunakan

korek api hingga muncul nyala api dari dalam tanah. Peningkatan emisi metana juga dibuktikan oleh penelitian Hatta dan Sulakhudin (2016) yang menemukan bahwa kadar gas metana cenderung meningkat saat mendekati muara, berdasarkan pengukuran menggunakan perangkap keramik pada suhu 1050°C. Hasil tersebut memvalidasi kondisi lahan gambut di Desa Sepuk Laut, adanya emisi metana membuat masyarakat setempat memanfaatkannya sebagai sumber energi untuk kebutuhan memasak karena dapat menghasilkan api. Namun, di balik potensi pemanfaatannya, gas metana dapat mengakibatkan risiko bahaya yang dapat meningkat jika tidak disertai dengan pemantauan jangka panjang.

Pemantauan emisi metana memerlukan sistem yang mampu beroperasi secara terus-menerus dan otomatis, terutama di kawasan terpencil, sulit dijangkau dan keterbatasan jaringan internet seperti di lahan gambut. Teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi yang tepat dengan kemampuannya dalam mengumpulkan data secara otomatis dan konsisten (Putra dkk., 2019). Untuk dapat mengoptimalkan pemantauan ini, IoT membutuhkan protokol komunikasi yang tepat untuk mendukung transmisi data antara perangkat sensor dan sistem pengumpulan data. Dalam hal ini, protokol komunikasi yang dipilih harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu konsumsi daya rendah, biaya instalasi terjangkau, serta kemampuan untuk membangun jaringan pengiriman data yang dapat menjangkau area yang luas. Salah satu protokol yang sesuai adalah ZigBee karena memenuhi semua kriteria tersebut. ZigBee lebih unggul dalam hal konsumsi sumber daya, cakupan transmisi data yang luas, biaya instalasi yang lebih rendah, serta daya tahan perangkat yang lebih lama (Ansarullah & Nurwarsito, 2022).

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penggunaan ZigBee yaitu "Rancang Bangun Alat Pengendali Kadar PH dan Pemantauan Temperatur Air pada Budidaya Ikan Lele Menggunakan Teknologi ZigBee berbasis Arduino Mega" (Sirait dkk., 2024). Dirancang sistem pemantauan pH dan suhu air kolam lele berbasis ZigBee dan Arduino Mega, menggunakan jaringan mesh untuk pengiriman data sensor secara nirkabel melalui modul XBee. Transmisi data dengan protokol ZigBee antara XBee A dan B. Pengujian berhasil tanpa

kehilangan data pada jarak 1 meter di luar ruangan, tetapi mengalami kehilangan data saat jarak mencapai 100 meter dengan adanya hambatan.

Penelitian selanjutnya berjudul "*Performance Analysis of Data Transmission on a Wireless Sensor Network Using the XBee Pro Series 2B RF Module*" (Desnanjaya dkk., 2020). Dilakukan analisis terhadap kinerja protokol ZigBee di dalam dan luar ruangan. Pengujian dengan mengirimkan paket data menggunakan perangkat lunak XCTU, dengan pengukuran pada parameter jarak, *delay*, dan kekuatan sinyal menggunakan ukuran paket data sebesar 32 Byte dan 84 Byte. Hasil penelitian menunjukkan perangkat XBee Pro Series 2B mampu berkomunikasi hingga jarak maksimal 20 meter di dalam ruangan dan maksimal 110 meter di luar ruangan.

Penelitian berikutnya berjudul "Sistem Pendeteksi Kadar Gas Metana (CH4) berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Sensor Gas MQ-5" (Putra dkk., 2019). Penelitian ini menghasilkan alat yang mampu memantau dan mendeteksi kadar gas metana (CH4). Sistem ini mengirimkan data kadar gas ke *server* ThingSpeak, yang memungkinkan pemantauan jarak jauh. Pengujian dilakukan menggunakan tabung penampung tertutup dengan dimensi 60x50x40 cm. Pengujian alat menghasilkan akurasi rata - rata *error* sebesar 2,14% dibandingkan alat kromatografi gas sebagai acuan.

Berdasarkan dari penelitian terdahulu yang dijabarkan dan setelah diidentifikasi terkait kelebihan dari protokol ZigBee, diangkat sebuah penelitian berjudul "Penerapan Protokol ZigBee pada Sistem Pemantauan Kadar Gas Metana di Lahan Gambut". Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem pemantauan kadar gas metana pada lahan gambut dengan menerapkan protokol ZigBee. Sistem yang dirancang akan membaca kadar gas metana di lahan gambut Desa Sepuk Laut, kemudian data akan dikirim dengan menerapkan protokol ZigBee dan diteruskan ke *server* untuk ditampilkan pada ThingSpeak. Data yang terbaca diharapkan dapat menjadi langkah awal melihat peningkatan kadar gas metana di lahan gambut Desa Sepuk Laut sehingga dapat meminimalisir risiko yang ditimbulkan bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana penggunaan catu daya portabel dalam durasi kerja sistem pemantauan kadar gas metana berbasis protokol ZigBee di lahan gambut Desa Sepuk Laut?
2. Bagaimana pengaruh jarak antar perangkat yang menggunakan protokol ZigBee terhadap kinerja sistem pemantauan kadar gas metana di lahan gambut Desa Sepuk Laut?
3. Bagaimana transmisi data meliputi *delay*, *throughput dan packet loss* dengan protokol ZigBee pada sistem pemantauan kadar gas metana di lahan gambut Desa Sepuk Laut?

1.3 Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan masalah dalam penelitian ini, antara lain:

1. Penelitian ini difokuskan pada penerapan protokol ZigBee untuk pengiriman data dari Node sensor ke Gateway.
2. Penelitian ini hanya membuat sistem pemantauan kadar gas metana yang menggunakan NodeMCU ESP8266 di Gateway, Arduino Uno sebagai mikrokontroler pada setiap Node, sensor gas MQ-5 sebagai pendeteksi gas metana dan modul XBee S2 sebagai perangkat ZigBee.
3. Pembacaan kadar gas metana dilakukan pada lahan gambut Desa Sepuk Laut dan hanya digunakan sebagai bagian dari implementasi sistem pemantauan berbasis ZigBee, tanpa dilakukan analisis lebih lanjut terhadap faktor lingkungan yang memengaruhi nilai yang terbaca.
4. Pengujian dilakukan pada 2 titik yang berbeda dan dikirim pada 1 Gateway .
5. Pengujian diatur dalam 3 model skenario berdasarkan jarak yaitu 50 meter, 100 meter dan 150 meter dari Gateway.
6. Penelitian fokus pada pembacaan sensor terhadap kadar gas metana tanpa melihat faktor atau kondisi lingkungan sekitar seperti suhu dan kelembapan.
7. Data yang ditampilkan berupa grafik linear pada ThingSpeak.
8. Catu daya portabel yang digunakan yaitu power bank berkapasitas 10.000 mAh.

9. Proses transmisi data difokuskan pada pengiriman lokal antar koneksi ZigBee tanpa melihat faktor kecepatan dan *bandwidth* internet.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui penggunaan catu daya portabel yang diperlukan dalam durasi kerja sistem pemantauan kadar gas metana berbasis protokol ZigBee di lahan gambut Desa Sepuk Laut.
2. Mengetahui bagaimana jarak antar perangkat yang menggunakan protokol ZigBee memengaruhi kinerja sistem pemantauan kadar gas metana di lahan gambut Desa Sepuk Laut.
3. Mengukur transmisi data dalam sistem pemantauan dengan protokol ZigBee di lahan gambut Desa Sepuk Laut meliputi aspek *delay*, *throughput* dan *packet loss*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memantau kadar gas metana pada lahan gambut dengan memanfaatkan protokol ZigBee. Penerapan protokol ZigBee mendukung performa sistem mengurangi risiko kehilangan data, memaksimalkan penggunaan catu daya portabel, dan jangkauan luas untuk pemantauan jaringan lokal. Penelitian ini juga membantu masyarakat dengan menyediakan informasi kadar gas metana yang lebih terukur, data yang diberikan berpotensi menjadi alat untuk mengidentifikasi dan melihat tingkat kadar gas metana yang dapat menimbulkan berbagai risiko buruk bagi masyarakat maupun lingkungan jika melebihi ambang batas.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan tugas akhir ini disusun untuk memberikan gambaran mengenai isi dan alur pembahasan yang dilakukan. Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi latar belakang dari penelitian dan informasi terkait penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya. Latar belakang digunakan untuk menjelaskan alasan penelitian dilakukan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab landasan teori berisi bahasan mengenai dasar teori pendukung yang digunakan dalam penelitian. Adapun landasan teori pada bab ini diantaranya adalah dasar teori Protokol ZigBee, NodeMCU ESP8266, Arduino Uno, Sensor gas MQ-5, Power Bank, XBee USB Adapter, Arduino IDE, DIGI XCTU, ThingSpeak, *Quality of Service* (QOS) dan satuan gas dalam PPM (*Parts Per Million*).

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab metode penelitian adalah prosedur atau uraian rencana penelitian yang dilakukan untuk mengumpulkan dan menganalisis data serta menjawab pertanyaan atau hipotesis yang telah ditetapkan dalam penelitian. Adapun isi dari metode penelitian yaitu diagram alir, yang mencakup langkah-langkah studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem, kesimpulan dan saran.

BAB 4 PERANCANGAN SISTEM

Bab perancangan sistem menjelaskan tentang rancangan sistem yang dibangun dalam penelitian. Rancangan tersebut meliputi penjelasan tentang deskripsi sistem, perancangan arsitektur sistem, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak dan perancangan pengujian.

BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN, DAN PEMBAHASAN

Bab implementasi, pengujian, dan pembahasan berisi tahapan-tahapan yang dilakukan untuk mengimplementasikan, menguji dan membahas sistem. Tahapan ini yaitu implementasi perangkat keras, implementasi perangkat lunak, pengujian, dan pembahasan yang terdiri dari implementasi sistem, kode program, pengujian sistem dan hasil sistem. Setelah dilakukan pengujian maka dilakukan pembahasan dari hasil pengujian keseluruhan sistem.

BAB 6 PENUTUP

Bab penutup berisi kesimpulan dari hasil pengujian dan implementasi sistem yang telah dilakukan. Diberikan juga saran untuk penelitian agar dapat diperbaiki dan dikembangkan pada penelitian berikutnya. Bab ini menjadi penutup dari seluruh rangkaian penelitian.