

# Sistem Monitoring Kadar Gas Metana (CH<sub>4</sub>), Gas Amonia (NH<sub>3</sub>) Dan Gas Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Pada Tempat Pembuangan Sampah Untuk Pencegahan Penyakit Ispa Berbasis *Wireless Sensor Network*

Lova Nugroho<sup>1</sup>, Rachmad Saptono<sup>2</sup>, Aad Hariyadi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, 65141

<sup>1</sup>nugroho.lova@gmail.com, <sup>2</sup>rachmad.saptono@polinema.ac.id, <sup>3</sup>aad.hariyadi@polinema.ac.id

**Abstract**—The existence of *Wireless Sensor Network (WSN)* technology is used to create a system for monitoring gas levels at landfills, in particular, the three gases to be monitored, namely methane gas (CH<sub>4</sub>), ammonia gas (NH<sub>3</sub>) and carbon dioxide gas (CO<sub>2</sub>) which can cause disease. Respiratory tract infection. This monitoring system utilizes *Wireless Sensor Network* technology so that it can monitor a more comprehensive area using a large number of nodes. The results of communication using the nRF24L01 module from the sensor node to the server with a peer to peer communication model in Line of Sight conditions can communicate at a maximum distance of 120 meters with an average delay of 6.98s and packet loss when sending data as much as 14% which is included in the bad category according to ITU-T G.114. Then to determine the quality of the network when sending data from the server to firebase with Wireshark software, a delay of 261ms was obtained, then for packet loss, the value of 8.3% was found to be in a suitable category according to ITU-T G.114.

**Keywords**— *Wireless Sensor Network*, nRF24L01, TPA, Android Application, Website, Delay, Packet Loss.

**Abstrak**—Adanya teknologi *Wireless Sensor Network (WSN)* dimanfaatkan untuk membuat sistem sistem monitoring kadar gas pada tempat pembuangan akhir sampah, khususnya tiga gas yang akan dimonitoring yaitu gas metana (CH<sub>4</sub>), gas amonia (NH<sub>3</sub>) dan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang dapat mengakibatkan penyakit infeksi saluran pernafasan. Sistem monitoring ini memanfaatkan teknologi *Wireless Sensor Network* supaya dapat memonitoring daerah yang lebih luas dengan menggunakan jumlah node yang banyak. Hasil komunikasi menggunakan modul nRF24L01 dari node sensor ke server dengan model komunikasi peer to peer dalam kondisi Line of Sight dapat berkomunikasi pada jarak maksimal 120meter dengan rata – rata delay yaitu 6.98s dan packet loss saat pengiriman data sebanyak 14% yang termasuk kategori buruk menurut ITU-T G.114. Kemudian untuk mengetahui kualitas jaringan saat melakukan pengiriman data dari server ke firebase dengan software wireshark didapatkan delay 261ms, kemudian untuk packet loss didapatkan nilai 8.3% masuk ke dalam kategori baik menurut ITU-T G.114.

**Kata kunci**— *Wireless Sensor Network*, nRF24L01, TPA, Aplikasi android, Website, Delay, Packet Loss.

## I. PENDAHULUAN

Persoalan mengenai sampah merupakan masalah penting di lingkungan yang akan terus dihadapi oleh pemerintah dan masyarakat. Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat akan berpengaruh terhadap jumlah timbunan sampah. Umumnya lokasi pembuangan akhir bersifat terpusat sehingga akan terdapat banyak sampah pada suatu Tempat Pembuangan Akhir (TPA) [1]. Pencemaran udara merupakan masuknya komponen tertentu ke dalam udara baik dari hasil aktivitas manusia secara langsung atau tidak langsung maupun dari proses alami, sehingga mengakibatkan kualitas udara turun sampai ke tingkat tertentu [2].

Terdapat beberapa komponen gas yang dihasilkan akibat adanya proses pembusukan sampah seperti Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S), Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>), Ammonia (NH<sub>3</sub>), Fosfor (PO<sub>4</sub>), Sulfur Oksida (SO<sub>4</sub>), maupun Metana (CH<sub>4</sub>). Semakin banyak volume sampah yang mengalami pembusukan di TPA, maka akan semakin banyak juga jumlah gas yang dihasilkan. Dilihat dari hasil penelitian Kesehatan menyatakan bahwa paparan gas CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, maupun NH<sub>3</sub> berdampak langsung pada seseorang (khususnya pada saluran pernapasan) yang setiap hari berada di lingkungan TPA seperti pemulung atau pekerja pengelolaan sampah [3].

Dengan bahaya kadar gas yang timbul dari penumpukan sampah dan pembusukan sampah maka menghasilkan nilai kadar gas diatas nilai normal yaitu 200 - 10000 ppm untuk gas metana, 0 - 5 ppm untuk gas amonia [4]. Kemudian nilai ambang batas CO<sub>2</sub> yaitu 5.000 ppm yang dapat menyebabkan infeksi saluran pernafasan [5].

Hampir seluruhnya bahwa kegiatan pengelolaan sampah di TPA dipastikan memiliki potensi risiko kesehatan, baik kepada pekerja yang terlibat langsung maupun warga masyarakat yang tinggal disekitarnya. Salah satu potensi risiko kesehatan adalah terjadinya gangguan saluran pernapasan. Hasil penelitian sebelumnya menyatakan bahwa akibat paparan gas hasil pembusukan sampah di TPA dapat menimbulkan gangguan saluran pernapasan. Pada intinya masyarakat yang beraktivitas sehari-hari di lingkungan TPA akan sangat berisiko mengalami gangguan pada saluran pernapasannya.

Saat ini teknologi terus berkembang pesat salah satunya adalah *Wireless Sensor Network* atau jaringan sensor nirkabel teknologi ini sering dijadikan solusi dalam permasalahan monitoring lingkungan[6-9]. *Wireless Sensor Network* umumnya terdiri dari kumpulan node sensor yang tersebar pada area tertentu yang digunakan untuk mengumpulkan data agar dapat memonitoring tentang suatu sistem atau lingkungan[10].

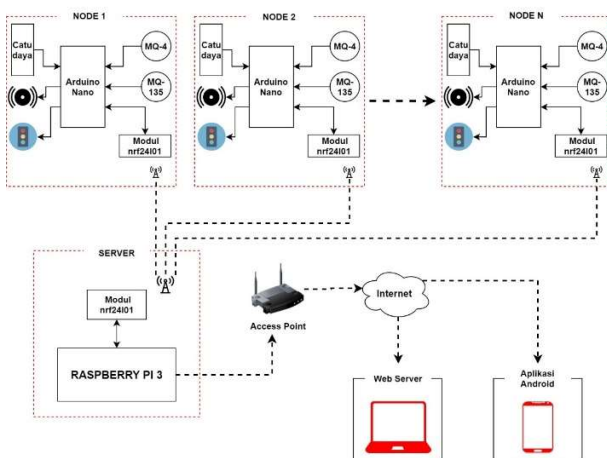
Pada penelitian ini membuat sistem monitoring kadar gas pada tempat pembuangan akhir sampah, khususnya tiga gas yang akan dimonitoring yaitu gas metana (CH<sub>4</sub>), gas amonia (NH<sub>3</sub>) dan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang dapat mengakibatkan penyakit infeksi saluran pernafasan. Sistem monitoring ini memanfaatkan teknologi Wireless Sensor Network supaya dapat memonitoring daerah yang lebih luas dengan menggunakan jumlah node yang banyak.

Sistem ini terdiri atas pengirim dari node sensor dan penerima pada server, pada bagian pengirim dirancang sebuah node sensor yang terdapat dua buah led yaitu warna merah untuk menunjukkan kondisi bahaya dan warna hijau untuk kondisi normal, kemudian terdapat mikrokontroler Arduino Nano yang dilengkapi dengan sensor MQ-4 untuk mendeteksi gas metana dan sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas amonia serta gas karbondioksida, modul nRF24L01+ digunakan sebagai transmitter data dari node sensor yang berupa nilai gas menuju server dimana modul nRF24L01+ memiliki kelebihan pada konsumsi daya yang rendah dan mendukung protokol RF24Mesh yang dapat diterapkan pada sensor wireless[11][12]. Sedangkan pada bagian penerima terdiri atas Raspberry pi dan modul nRF24L01+ yang digunakan sebagai receiver[13][14]. Apabila kadar gas melebihi nilai standar maka buzzer pada bagian node sensor akan berbunyi dan led warna merah akan menyala dan pada Aplikasi akan menampilkan status bahaya beserta nilai kadar gas. Sehingga dengan adanya sistem monitoring ini diharapkan dapat membantu mencegah terjadinya penyakit infeksi saluran pernafasan.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem yang ditunjukkan pada Gambar 1 merupakan perancangan sistem secara keseluruhan dimana terdapat beberapa node sensor yang terhubung dengan server menggunakan modul nRF24L01+ sebagai transceiver, pada aplikasi android untuk memberi notifikasi bahaya dari nilai gas dan website terhubung dengan internet untuk menampilkan seluruh data yang sudah dikelola pada server.



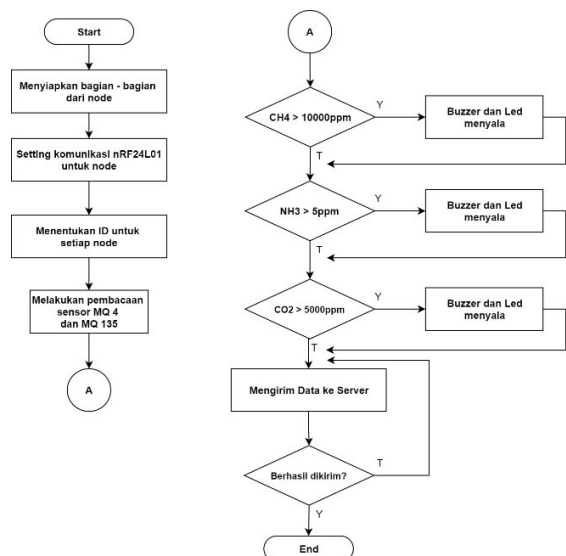
Gambar 1 Blok diagram sistem

Pada blok diagram rancangan sistem dibagi menjadi dua sistem yaitu pengirim dan penerima. Pengirim merupakan data nilai gas dari node sensor yang terdiri dari sensor MQ-4 dan MQ-135 yang dikirim ke node server menggunakan modul nRF24L01+ sebagai transceiver, pada node server data akan diolah dan disimpan, kemudian melalui internet data nilai gas ditampilkan pada website secara realtime dan aplikasi android untuk memberikan informasi bahaya gas[15].

Pada sisi pengirim terdapat input dari sensor MQ-4 untuk gas metana (CH<sub>4</sub>), sensor MQ-135 untuk gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas amonia (NH<sub>3</sub>) yang berada dalam node sensor, dari masing – masing node sensor mengirimkan data ke dalam server. Dari node sensor mengirimkan data ke server dengan menggunakan modul nRF24L01+ yang dimana modul nRF24L01+ ini digunakan sebagai transmitter pada node sensor dan sebagai receiver pada server. Data dari masing masing node sensor dikirimkan pada server secara realtime, kemudian data akan dikelola dan disimpan ke database dan akan ditampilkan pada web server melalui internet untuk menganalisa nilai dari gas dan pada aplikasi android akan menampilkan pesan bahaya dari gas.

Apabila nilai dari kadar gas telalu tinggi melebihi nilai dari standar maka buzzer akan berbunyi dan led pada node sensor akan menyala, pada aplikasi android menampilkan peringatan bahaya.

### B. Flowchart Node Sensor

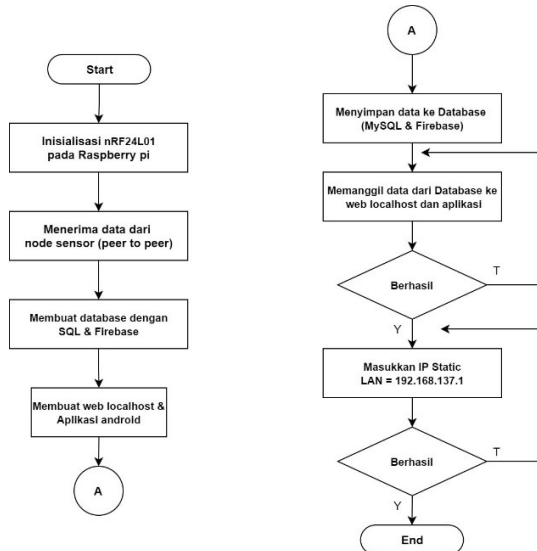


Gambar 2 Prosedur node sensor

Pada Gambar 2 menjelaskan tentang flowchart perancangan sistem pada node sensor, seperti yang dijelaskan dibawah ini:

- Menyiapkan bagian – bagian pada node sensor.
- Melakukan setting komunikasi pada nRF24L01.
- Menentukan ID untuk setiap node sensor.
- Melakukan pembacaan sensor MQ-4 dan MQ-135.
- Melakukan seleksi kondisi dari 3 jenis kadar gas.
- Jika YA maka buzzer dan led akan menyala. Jika TIDAK data akan dikirimkan ke server.

C. Flowchart Raspberry pi sebagai Server



Gambar 3 Prosedur raspberry pi sebagai server

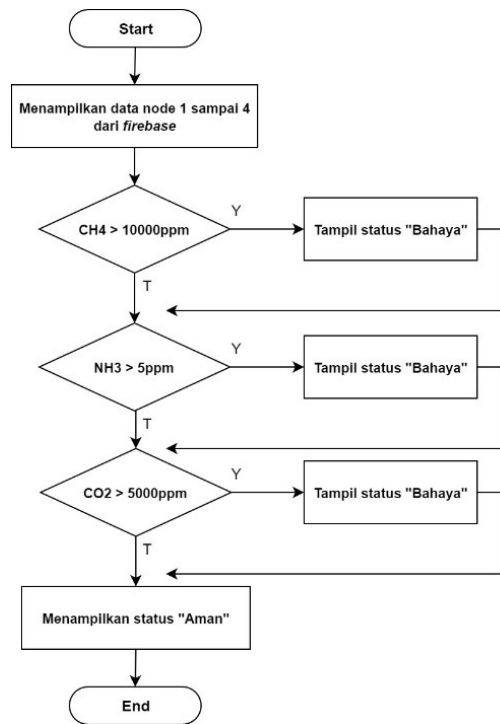
Pada Gambar 3 menjelaskan tentang flowchart perancangan sistem pada node server, seperti yang dijelaskan dibawah ini:

- Melakukan inisialisasi nRF24L01 pada raspberry pi.
- Menerima data dari node sensor dengan model komunikasi peer to peer.
- Membuat database dengan SQL & Firebase.
- Membuat web localhost & aplikasi android.
- Menyimpan data ke database (MySQL & Firebase).
- Memanggil data dari dari database ke web localhost & aplikasi android.
- Memasukkan IP static.

D. Flowchart Aplikasi Android

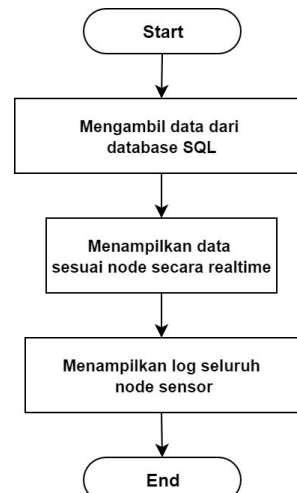
Pada Gambar 4 menjelaskan tentang flowchart perancangan sistem pada node server, seperti yang dijelaskan dibawah ini:

- Menampilkan data yang tersimpan pada firebase ke aplikasi sesuai nilai kadar gas pada masing – masing node sensor.
- Melakukan seleksi kondisi dari ketiga jenis gas, apabila salah satu nilai dari gas melebihi standar maka pada aplikasi menampilkan status “bahaya”.
- Apabila nilai gas dari semua node dibawah standar maka pada aplikasi menampilkan status “aman”.



Gambar 4 Prosedur aplikasi android

E. Flowchart Web Server



Gambar 5 Prosedur web server

Pada Gambar 5 menjelaskan tentang flowchart perancangan sistem pada node server, seperti yang dijelaskan dibawah ini:

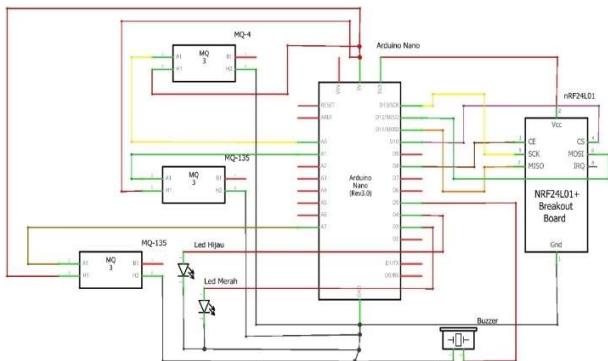
- Mengambil data node sensor dari database MySQL.
- Menampilkan data sesuai node sensor secara realtime.
- Menampilkan log seluruh node sensor berdasarkan waktu yang sudah diupdate.

F. Desain Skematik Node Sensor

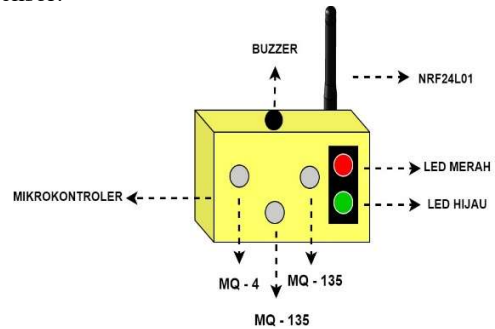
Gambar 6 menjelaskan mengenai rangkaian ini menggunakan modul wireless nRF24L01+ sebagai transmitter, nRF24L01+ dipilih karena membutuhkan mode daya rendah. Rangkaian ini menggunakan dua buah led dan satu buzzer. Led hijau digunakan sebagai indikator yang menyatakan kondisi

aman, sedangkan merah digunakan sebagai indikator saat kondisi bahaya disertai dengan bunyi buzzer.

- Mikrokontroler diletakkan dalam kotak mekanik node sensor.

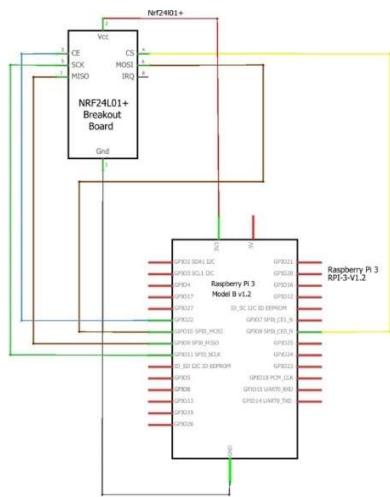


Gambar 6 Desain Skematik Node Sensor



Gambar 8 Desain Mekanik Node Sensor

### G. Desain Skematik Server



Gambar 7 Desain Skematik Server

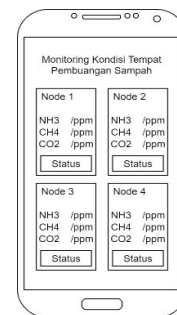
Gambar 7 menjelaskan penyambungan antar satu komponen dengan mikrokontroler. Pada rangkaian ini menggunakan Raspberry Pi 3 sebagai mikrokontroler dan sebagai server untuk dapat membuat web server Ical yang digunakan sebagai database dari data node sensor. Sedangkan modul nRF24L01+ digunakan sebagai transceiver.

### H. Desain Mekanik Node Sensor

Pada Gambar 8 menunjukkan rancangan desain sistem pada node sensor. Terdapat sebuah sensor MQ-4, sensor MQ-135, led merah, led hijau, buzzer, dan mikrokontroler Arduino Nano serta nRF24L01+ di dalam sebuah kotak.

- Sensor MQ-4 dan MQ-135 berfungsi untuk membaca nilai kadar gas metana, gas amonia dan gas karbondioksida pada tempat pembuangan akhir sampah.
- Led dan buzzer berperan sebagai alarm indikator apabila nilai gas (ppm) melebihi standar pada node sensor. Led merah menandakan apabila kadar gas melebihi nilai standar, sedangkan led hijau menandakan nilai kadar gas dalam kondisi normal.

### I. Desain Aplikasi Android



Gambar 9 Desain Aplikasi Android

Gambar 9 merupakan rancangan desain aplikasi monitoring kondisi tempat pembuangan sampah yang digunakan oleh pekerja pada lokasi dan warga sekitar yang direncanakan apabila menerima informasi dari kadar gas saat nilainya meningkat melebihi standar nilai kadar gas. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 9 terdapat beberapa informasi yaitu:

- Pertama adalah terdapat tampilan nilai dari keempat node sensor.
- Kedua adalah tampilan nilai dari tiga gas yaitu gas CH4, NH3 dan CO2 dengan satuan ppm.
- Ketiga adalah status pesan bahaya dari keempat node sensor. Status menampilkan pesan “Aman” apabila nilai gas masih dalam batas normal, kemudian status menampilkan pesan “Bahaya” apabila nilai gas melebihi batas normal.

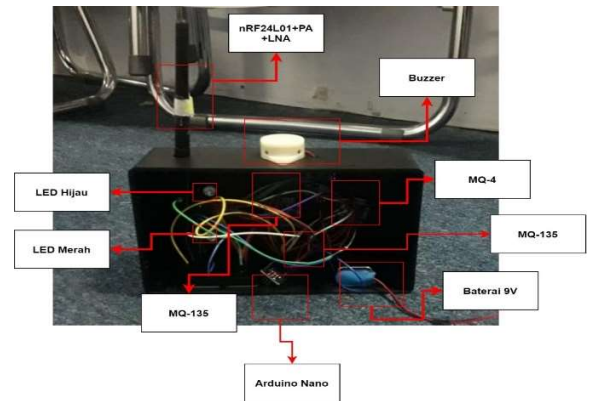
### J. Desain Pengujian Sistem

Pada Gambar 10 ini menunjukkan desain pengujian sistem, dimana lokasi tempat pembuangan sampah berada pada lingkungan perumahan. Node sensor di tempatkan dengan jarak yang berbeda dari server.

Hal inilah yang menjadi alasan pemasangan node sensor pada tempat pembuangan sampah. Penempatan sistem ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi udara sekitar tempat pembuangan sampah dan terkena penyakit infeksi saluran pernafasan bagi masyarakat sekitar dan pekerja pada tempat pembuangan sampah.

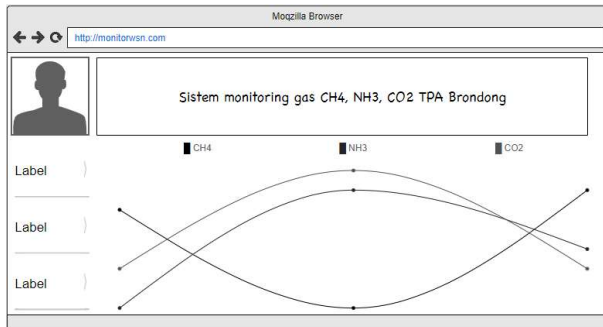


Gambar 10 Desain Pengujian Sistem



Gambar 13 Implementasi Hardware Node Sensor

K. Desain Tampilan Website



Gambar 11 Desain Tampilan Website

Gambar 11 merupakan rancangan desain web server untuk monitoring kadar gas pada tempat pembuangan akhir sampah. Apabila kadar gas semakin meningkat maka petugas kebersihan sampah yang berada di kantor sehingga dapat meminimalisir kadar gas dengan cara mengurangi penumpukan pada tempat sampah. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 11 terdapat beberapa informasi yaitu:

- Pertama adalah terdapat empat tab node sensor yang dapat menampilkan nilai berupa grafik.
- Kedua adalah terdapat tab logs nilai dari semua node secara realtime.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

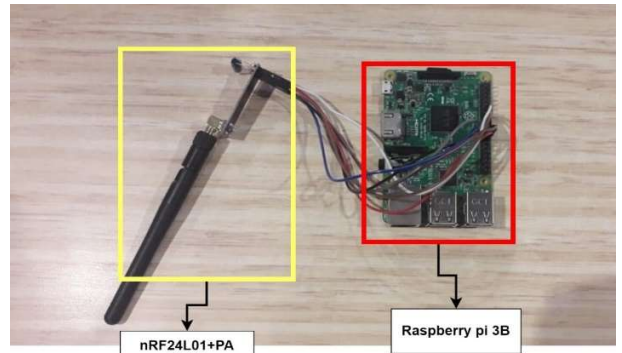
A. Implementasi Hardware Node Sensor

Berikut ini adalah implementasi dari skematik hardware node sensor yang telah dirangkai menjadi modul seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 12 dan 13. Komponen-komponen tersebut seperti Arduino nano, nRF24L01+, MQ-4, MQ-135, Buzzer, Led dihubungkan menjadi satu dengan bantuan kabel jumper female to female dan male to female sesuai pin yang sudah dirancang.



Gambar 12 Implementasi Hardware Node Sensor

B. Implementasi Hardware Server



Gambar 14 Implementasi Hardware Server

Berikut ini adalah implementasi dari skematik hardware server yang telah dirangkai menjadi modul seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 14. Komponen-komponen tersebut dihubungkan menjadi satu dengan bantuan kabel jumper female to female.

C. Pengujian nRF24L01 pada kondisi Line of Sight

Pengujian nRF24L01 pada kondisi line of sight yang berlokasi di tempat pembuangan sampah Landungsari berjalan dengan baik. Dengan kondisi di tempat terbuka dan tanpa adanya penghalang di antara kedua modul.

TABEL I  
HASIL UJI JARAK NRF24L01 KONDISI LINE OF SIGHT

Jarak (m)	Paket yang dikirim	Paket yang diterima	Packet loss	Delay (s)
10	50	50	0%	0.55
20	50	50	0%	0.87
30	50	50	0%	0.97
40	50	50	0%	1.20
50	50	50	0%	1.46
60	50	49	2%	2.42
70	50	49	2%	2.82
80	50	48	4%	3.64
90	50	48	4%	3.94
100	50	47	6%	4.12
110	50	45	12%	5.29
120	50	43	14%	6.98
130	50	-	-	-

Seperti pada Tabel I jarak maksimal komunikasi mampu mencapai 120meter dengan jumlah packet loss yang bertambah seiring dengan bertambahnya jarak antara kedua modul menggunakan opsi data rate 2 Mbps dan pada jarak 130meter server tidak dapat menerima data. Masing-masing opsi data rate memiliki kelebihan dan kekurangan, dengan menggunakan opsi data rate yang lebih cepat tentunya proses transfer data menjadi lebih singkat namun jika membutuhkan jarak komunikasi yang lebih jauh data rate yang tinggi akan mengurangi jarak maksimum komunikasi karena sensitifitas dari receiver akan lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan data rate yang kecil.

*D. Hasil Pengujian Kondisi Sensor di Lingkungan Tempat Sampah*

*a. Pengujian Sensor pada Node Sensor*

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi kadar gas metana (ppm), gas amonia (ppm) serta gas co2 (ppm) dari keempat node sensor di lingkungan tempat sampah menggunakan sensor MQ-4 untuk deteksi gas metana (ppm) dan MQ-135 untuk deteksi gas amonia (ppm) serta co2 (ppm). Pengujian ini dilakukan pada satu hari dengan jam yang berbeda pada lingkungan tempat sampah.

TABEL II  
PENGUJIAN SENSOR PADA NODE SENSOR 1

No	Tanggal/Waktu	MQ-4 Metana (ppm)	MQ-135 Amonia (ppm)	MQ-135 CO2 (ppm)
1	2021-07-26 10:30:05	52.23	2.30	641
2	2021-07-26 10:31:11	67.97	2.99	617
3	2021-07-26 10:32:14	60.69	3.11	549
4	2021-07-26 10:33:19	68.17	3.70	511
5	2021-07-26 10:34:25	54.88	2.12	359
6	2021-07-26 10:35:29	65.51	3.43	624
7	2021-07-26 10:36:32	66.56	1.02	413
8	2021-07-26 10:37:44	67.92	3.08	468
9	2021-08-26 10:38:47	68.49	2.80	709
10	2021-09-26 10:39:55	50.32	1.05	535

TABEL III  
PENGUJIAN SENSOR PADA NODE SENSOR 2

No	Tanggal/ Waktu	MQ-4 Metana (ppm)	MQ-135 Amonia (ppm)	MQ-135 CO2 (ppm)
1	2021-07-26 10:30:05	35.71	1.89	350
2	2021-07-26 10:31:11	37.20	2.90	328
3	2021-07-26 10:32:14	42.06	1.41	548

4	2021-07-26 10:33:19	35.91	1.68	529
5	2021-07-26 10:34:25	48.71	2.94	520
6	2021-07-26 10:35:29	42.41	2.77	774
7	2021-07-26 10:36:32	40.17	1.21	713
8	2021-07-26 10:37:44	34.96	1.36	658
9	2021-08-26 10:38:47	43.05	1.45	549
10	2021-09-26 10:39:55	30.62	1.57	687

*b. Pengujian Delay Komunikasi dari Node Sensor Menuju Server*

Pada bagian ini akan membahas delay kualitas jaringan berdasarkan jarak yang telah ditentukan, dimana jarak yang telah ditentukan adalah 30,50, 70, dan 90meter antara node sensor dan server pada kondisi Line of sight. Tingkat keberhasilan disini akan dianalisis berdasarkan delay pengiriman data dari node sensor ke server.

TABEL IV  
PENGUJIAN JARAK 30METER NODE SENSOR DENGAN SERVER

Percobaan Ke-	Kondisi	Status Server	Catatan	Delay (s)
1	Terkirim	Diterima	Berhasil	0.95
2	Terkirim	Diterima	Berhasil	0.96
3	Terkirim	Diterima	Berhasil	0.96
4	Terkirim	Diterima	Berhasil	0.95
5	Terkirim	Diterima	Berhasil	0.98
6	Terkirim	Diterima	Berhasil	1.02
7	Terkirim	Diterima	Berhasil	0.98
8	Terkirim	Diterima	Berhasil	0.97
9	Terkirim	Diterima	Berhasil	0.95
10	Terkirim	Diterima	Berhasil	0.96
Rata – rata				0.97

TABEL V  
PENGUJIAN JARAK 50METER NODE SENSOR DENGAN SERVER

Percobaan Ke-	Kondisi	Status Server	Catatan	Delay (s)
1	Terkirim	Diterima	Berhasil	1.33
2	Terkirim	Diterima	Berhasil	1.19
3	Terkirim	Diterima	Berhasil	1.92
4	Terkirim	Diterima	Berhasil	1.28
5	Terkirim	Diterima	Berhasil	1.85
6	Terkirim	Diterima	Berhasil	1.02
7	Terkirim	Diterima	Berhasil	1.16
8	Terkirim	Diterima	Berhasil	1.19
9	Terkirim	Diterima	Berhasil	1.92
10	Terkirim	Diterima	Berhasil	1.78
Rata – rata				1.46

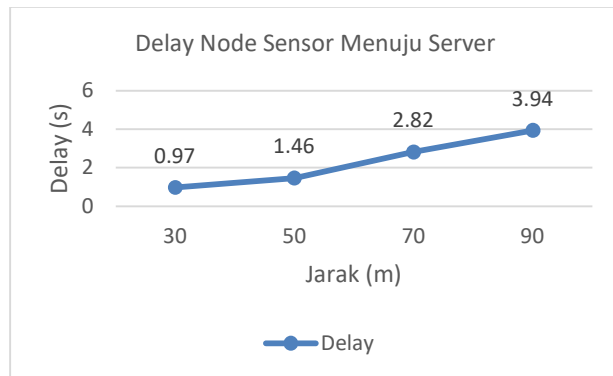
Berdasarkan pengujian jarak 30, 50, 70 dan 90meter antara node sensor dan server data dari node sensor berhasil terkirim dan diterima pada server. Delay rata- rata yang terbesar pada jarak yang paling jauh dari server yaitu 90meter dengan delay 3.94ms.

TABEL VI  
PENGUJIAN JARAK 70METER NODE SENSOR DENGAN SERVER

Percobaan Ke-	Kondisi	Status Server	Catatan	Delay (s)
1	Terkirim	Diterima	Berhasil	2.52
2	Terkirim	Diterima	Berhasil	2.82
3	Terkirim	Diterima	Berhasil	2.98
4	Terkirim	Diterima	Berhasil	2.97
5	Terkirim	Diterima	Berhasil	2.99
6	Terkirim	Diterima	Berhasil	2.98
7	Terkirim	Diterima	Berhasil	2.65
8	Terkirim	Diterima	Berhasil	2.83
9	Terkirim	Diterima	Berhasil	2.70
10	Terkirim	Diterima	Berhasil	2.77
Rata – rata				2.82

TABEL VII  
PENGUJIAN JARAK 90METER NODE SENSOR DENGAN SERVER

Percobaan Ke-	Kondisi	Status Server	Catatan	Delay (s)
1	Terkirim	Diterima	Berhasil	4.38
2	Terkirim	Diterima	Berhasil	4.21
3	Terkirim	Diterima	Berhasil	4.11
4	Terkirim	Diterima	Berhasil	4.07
5	Terkirim	Diterima	Berhasil	4.04
6	Terkirim	Diterima	Berhasil	4.22
7	Terkirim	Diterima	Berhasil	3.65
8	Terkirim	Diterima	Berhasil	3.54
9	Terkirim	Diterima	Berhasil	3.66
10	Terkirim	Diterima	Berhasil	3.53
Rata – rata				3.94



Gambar 15 Delay Node Sensor Menuju Server

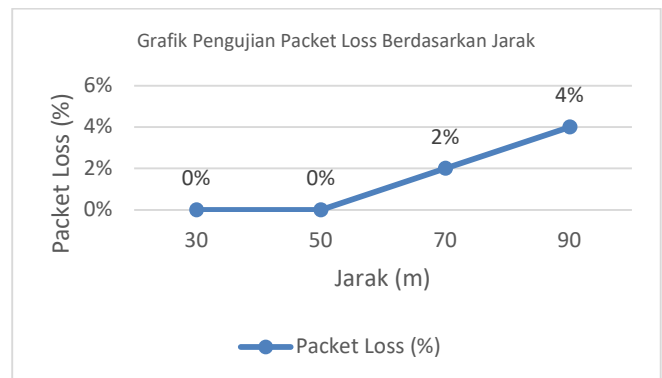
c. Pengujian Packet Loss dari Node Sensor Menuju Server

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui packet loss pengiriman data dari node sensor ke server berdasarkan jarak yang sudah ditentukan dari ke-empat node sensor. Pengujian ini dilakukan dengan software wireshark untuk membandingkan packet loss data yang terkirim berdasarkan jarak dari node sensor.

TABEL VIII  
HASIL PENGUJIAN PACKET LOSS DARI NODE SENSOR MENUJU SERVER

No	Jarak (m)	Paket yang dikirim	Paket yang diterima	Packet Loss (%)
1	30	50	50	0%
2	50	50	50	0%

3	70	50	49	2%
4	90	50	48	4%



Gambar 16 Packet Loss Node Sensor Menuju Server

Berdasarkan tabel 4.8 dapat dilihat dari hasil pengujian packet loss berdasarkan jarak 30, 50, 70 dan 90meter diperoleh nilai packet loss paling tinggi 4% pada jarak 90meter. Packet loss yang dihasilkan dari jarak 30 – 90meter termasuk kategori kurang baik menurut ITU-T G.114.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembuatan dan pengujian pada sistem yang telah dibuat maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

Sistem dirancang dengan menggunakan mikrokontroller Arduino nano pada bagian node sensor dan raspberry pi pada bagian server dengan menggunakan modul komunikasi nRF24L01 sebagai transceiver. Data yang diperoleh disimpan ke firebase untuk update ke aplikasi android dan web server sehingga dapat dimonitoring pada tempat pembuangan sampah seluas 90m2 dengan memanfaatkan teknologi wireless sensor network.

Sensor MQ-4 (Metana) dibandingkan dengan alat deteksi gas metana didapatkan selisih nilai dengan prosentase error mencapai 3.47%, untuk sensor MQ-135 (CO2) dibandingkan dengan alat deteksi AQ detector JSM-131SC didapatkan selisih nilai dengan dengan prosentase error mencapai 0.17%, untuk sensor MQ-135 (Ammonia) dibandingkan dengan alat ammonia detector AR8500 didapatkan selisih nilai dengan prosentase error mencapai 0.31%. Berdasarkan prosentase error yang didapatkan maka sensor MQ-4 (Metana), MQ-135 (CO2), MQ-135(Ammonia) dapat digunakan pada bagian node sensor untuk menentukan level bahaya dari masing – masing gas sesuai standar kualitas udara.

Hasil komunikasi menggunakan modul nRF24L01 dari node sensor ke server dengan model komunikasi peer to peer dalam kondisi Line of Sight dapat berkomunikasi pada jarak maksimal 120meter dengan rata – rata delay yaitu 6.98s dan packet loss saat pengiriman data sebanyak 14% yang termasuk kategori buruk menurut ITU-T G.114. Hasil Quality of Service dengan software wireshark saat melakukan pengiriman data dari server ke firebase didapatkan delay 261ms yang termasuk kategori bagus menurut ITU-T G.114, kemudian untuk packet loss didapatkan nilai 8.3% masuk ke dalam kategori sedang menurut ITU-T G.114.

REFERENSI

- [1] S. I. Masruroh, B. Eko, and A. Tjahjo, "Deteksi Sebaran Gas Metana (Ch<sub>4</sub>) Di Tempat Penampungan Akhir (Tpa) Pakusari Jember Menggunakan Sensor Tgs 2611," vol. 12, no. 1, pp. 16–21, 2019.
- [2] D. S. Seppina, N. Hilal, and H. R. IW, "Upaya Pemulung Dalam Mencegah Risiko Gangguan Kesehatan Di Tpa Banjaran Kecamatan Bojongsari Kabupaten Purbalingga Tahun 2017," Link, vol. 13, no. 1, p. 13, 2017, doi: 10.31983/link.v13i1.2589.
- [3] N. Puspita and A. H. Y. Sari, Tri Rima Setyawati, "Kondisi hematologi pemulung yang terpapar gas amoniak di tempat pembuangan akhir ( TPA ) sampah Batu Layang Pontianak," Protobiont, vol. 3, no. September 2013, pp. 31–39, 2014.
- [4] T. A. A. P. Raharjo, S. R. Akbar, and R. Primananda, "Sistem Monitoring Volume Dan Gas Sampah Menggunakan Metode Real Time Operating System ( RTOS)," Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput., vol. 2, no. 11, pp. 1–8, 2018.
- [5] R. A. A. R, Y. L. R. D, and P. Setyono, "Pengaruh Paparan Gas Metana (Ch<sub>4</sub>), Karbon Dioksida (Co<sub>2</sub>) Dan Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S) Terhadap Keluhan Gangguan Pernapasan Pemulung Di Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Sampah Klotok Kota Kediri," J. EKOSAINS, vol. 7, no. 2, pp. 105–116, 2015, [Online]. Available: <https://pasca.uns.ac.id/s2ilmulingkungan/pontent/uploads/sites/25/2016/09/PUBLIKASI-RATIH.pdf>.
- [6] W. Puspitasari and H. Y. Perdana R, "Real-Time Monitoring and Automated Control of Greenhouse Using Wireless Sensor Network: Design and Implementation," 2018 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI), 2018, pp. 362-366, doi: 10.1109/ISRITI.2018.8864377.
- [7] R. H. Y. Perdana, H. Hudiono and A. F. N. Luqmani, "Water Leak Detection and Shut-Off System on Water Distribution Pipe Network Using Wireless Sensor Network," 2019 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture and Industrial Automation (ICAMIMIA), 2019, pp. 297-301, doi: 10.1109/ICAMIMIA47173.2019.9223386.
- [8] H. Darmono, R. H. Y. Perdana, and W. Puspitasari, "Observation of greenhouse condition based on wireless sensor networks," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 732, no. 1, 2020.
- [9] H. Hudiono, M. Taufik, R. Perdana, and A. Rakhmania, "Telemetry of Rainfall Measurement Results Using 433 MHz Wireless Transmission", INFOTEL, vol. 13, no. 3, Aug. 2021.
- [10] A. E. Rakhmania, M. Taufik and M. Sa'adah, "Centralized Post Paid Water Meter Controller Using Wireless Sensor Network," 2019 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture and Industrial Automation (ICAMIMIA), 2019, pp. 302-305.
- [11] A. Hariyadi, M. Taufik, H. Hudiono, N. Hidayati, A. E. Rakhmania, and R. H. Y. Perdana, "Efisiensi Daya Perangkat Wireless Sensor Network Pada Penerangan Jalan Umum (PJU) Berbasis Algoritma Leach", tech, vol. 20, no. 2, pp. 101–112, Oct. 2021.
- [12] M. Ishomyl, "Implementation of Wireless Sensor Network in Earthquake Warning Simulation Using SW-420 Sensor", Jaringan Telekomunikasi, vol. 10, no. 1, pp. 38-44, Mar. 2020.
- [13] H. R. Afifah, "Design of a Web-Based Garlic Fermentation Process Control System to Become Black Garlic", Jaringan Telekomunikasi, vol. 10, no. 1, pp. 1-7, Mar. 2020.
- [14] H. R. Afifah, "Design of a Web-Based Garlic Fermentation Process Control System to Become Black Garlic", Jaringan Telekomunikasi, vol. 10, no. 1, pp. 1-7, Mar. 2020.
- [15] Y. Pramitarini, T. Tran and B. An, "Energy Consumption Location-Based QoS Routing Protocol for Vehicular Ad-Hoc Networks," 2021 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), 2021, pp. 1266-1270, doi: 10.1109/ICTC52510.2021.9621112.