



## Implementasi LoRa pada Monitoring Tempat Pembakaran Sampah berbasis *Website*

Muhammad Raehan Maulana<sup>\*1</sup>, Hafiz Muhardi<sup>2</sup>, Dwi Marisa Midyanti<sup>3</sup>

Email: <sup>1</sup>mrm7501@student.untan.ac.id, <sup>2</sup>hm@siskom.untan.ac.id, <sup>3</sup>@dwi.marisa@siskom.untan.ac.id

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura

Diterima: 07 April 2026 | Direvisi: - | Disetujui: 26 April 2026  
©2020 Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer,  
Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia

### Abstrak

Penumpukan sampah menjadi permasalahan umum yang terjadi akibat rendahnya kesadaran masyarakat dalam mengelola sampah serta belum optimalnya penanganan sampah yang dilakukan oleh petugas kebersihan umum. Pembakaran sampah dapat dilakukan sebagai solusi, namun berpotensi menimbulkan hal yang tidak diinginkan apabila tidak diawasi dengan baik, sehingga diperlukan sistem monitoring yang dapat memantau proses pembakaran sampah secara *real-time*. Dengan pesatnya perkembangan teknologi, dapat dimanfaatkan teknologi *wireless* untuk mengatasi permasalahan ini. Namun, sebagian besar teknologi *wireless* masih bergantung pada jaringan internet, sehingga kurang optimal pada wilayah dengan keterbatasan jaringan internet. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pemanfaatan teknologi LoRa sebagai solusi pada transmisi data tanpa ketergantungan jaringan internet. Sistem yang dibangun dapat memantau tempat pembakaran sampah menggunakan sensor MQ-2 dan *flame* sensor secara *real-time* pada *website*, dengan memanfaatkan sistem transmisi data LoRa SX1278. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem monitoring dapat mendeteksi adanya sisa asap dan api dari tempat pembakaran sampah dapat dipantau hingga jarak 150 meter. Kualitas sinyal pada transmisi LoRa SX1278 dinyatakan dalam satuan RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) dengan kategori sinyal sangat baik diperoleh hingga jarak 40 meter pada pengujian yang dilakukan.

**Kata kunci:** LoRa SX1278, Monitoring, Sampah, Sensor MQ-2, *Flame* Sensor.

### *Implementation of LoRa in a Website – Based Waste Incinerator site Monitoring System*

#### Abstract

*Waste accumulation is a common problem caused by low public awareness of waste management and suboptimal waste handling by sanitation workers. Waste incineration can serve as a solution, but it has the potential to cause undesirable consequences if not properly supervised; therefore, a monitoring system capable of tracking the waste incineration process in real-time is necessary. With the rapid advancement of technology, wireless technology can be utilized to address this issue. However, most wireless technologies still rely on internet networks, making them less effective in areas with limited internet connectivity. Therefore, this study proposes the use of LoRa technology as a solution for data transmission without reliance on an internet network. The developed system can monitor waste incineration sites using MQ-2 sensors and flame sensors in real-time via a website, utilizing the LoRa SX1278 data transmission system. Implementation results show that the monitoring system can detect residual smoke and fire from waste incineration sites and monitor them up to a distance of 150 meters. Signal quality in LoRa SX1278 transmission is expressed in RSSI (Received Signal Strength Indicator) units, with an "excellent" signal category achieved up to a distance of 40 meters in the tests conducted.*

**Keywords:** LoRa SX1278, Monitoring, Garbage, MQ-2 Sensor, *Flame* Sensor.

## 1. PENDAHULUAN

Sampah menjadi permasalahan umum yang kerap terjadi di lingkungan masyarakat, khususnya ketika kapasitas tempat penampungan sampah telah terlampaui. Kondisi ini mendorong terjadinya pembuangan sampah di sekitar area pembuangan sampah yang berdampak negatif terhadap kualitas hidup masyarakat di sekitarnya [1]. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), rata-rata produksi sampah plastik di Indonesia mencapai sekitar 175 ribu ton setiap harinya yang setara dengan 64 juta ton per tahun, Sementara itu, jumlah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Indonesia hanya sekitar 400 lokasi dengan kapasitas yang hanya dapat menampung 233 kg per hari. Dengan kondisi tersebut, menyebabkan terjadinya penumpukan sampah di pinggir jalan yang tidak terpantau oleh pihak Dinas Kesehatan dan Lingkungan Hidup (DKLH) [2]. Selain itu, rendahnya kesadaran masyarakat dalam mengelola sampah yang baik dan benar serta metode pengelolaan sampah yang dilakukan pun masih bersifat konvensional sehingga belum mampu menangani masalah penumpukan sampah. Petugas kebersihan biasanya melakukan pembersihan sampah hanya pada pada jadwal tertentu, sehingga hal ini dapat menyebabkan tumpukan sampah penuh hingga meluap, merusak keindahan lingkungan, menimbulkan kekotoran dan bau yang tidak sedap, serta dapat menimbulkan masalah sanitasi dan penyebaran penyakit [3]. Solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut ialah melakukan pengelolaan sampah berbasis alat pembakaran sampah, yang bertujuan untuk mengedukasi masyarakat mengenai pentingnya pengelolaan sampah, serta memberikan solusi berupa tempat pembakaran sampah [4].

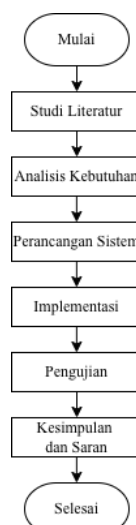
Pesatnya perkembangan teknologi saat ini mendorong pemanfaatan komputer, teknologi informasi, serta aplikasi yang dirancang untuk mendukung berbagai aktivitas, sehingga memberikan dampak positif dalam pemanfaatannya [5]. Salah satu perkembangan teknologi yang dapat diterapkan adalah teknologi *wireless*. Dengan teknologi *wireless*, suatu informasi dapat secara cepat dikirimkan, bahkan tanpa membutuhkan kabel sekalipun [6]. Namun, kendala utama pada teknologi *wireless* adalah mekanisme transmisi data yang masih bergantung pada jaringan internet, sedangkan pada beberapa lokasi tertentu memiliki keterbatasan dalam akses ke jaringan internet. Dengan demikian, diperlukan sebuah sistem pemantauan yang dapat melakukan transmisi data tanpa ketergantungan pada jaringan internet, salah satunya ialah menggunakan perangkat komunikasi LoRa [7].

LoRa adalah teknologi yang mengubah gelombang periodik tertentu menjadi suatu sinyal yang dapat membawa suatu informasi. LoRa memiliki keunggulan berupa jangkauan transmisi data yang luas, penggunaan daya rendah dan keamanan dalam transmisi data. Dalam cakupan jaringan publik, LoRa dapat mencakup area yang lebih luas jika dibandingkan dengan jaringan seluler yang biasa digunakan sehari - hari. Menggunakan jaringan LoRa ini akan dapat memberikan jangkauan sinyal yang lebih luas dibandingkan dengan jaringan seluler pada umumnya. Selain itu, LoRa juga mudah untuk dipasangkan ke berbagai perangkat elektronik dengan sistem nirkabel [6].

Untuk itu diperlukan sebuah sistem yang secara efisien dapat memonitoring kondisi tempat pembakaran sampah saat proses pembakaran sampah. Pada usulan penelitian ini, digunakan sensor deteksi asap yaitu sensor MQ-2 dan *Flame* Sensor sebagai sensor deteksi api yang digunakan untuk memastikan kondisi tempat pembakaran sampah sudah tidak ditemui sisa api pembakaran sampah yang dikhawatirkan bisa menyebabkan hal yang tak diinginkan. Hasil monitoring tersebut diproses pada teknologi LoRa dan kemudian di monitoring pada *website*.

## 2. METODE PENELITIAN

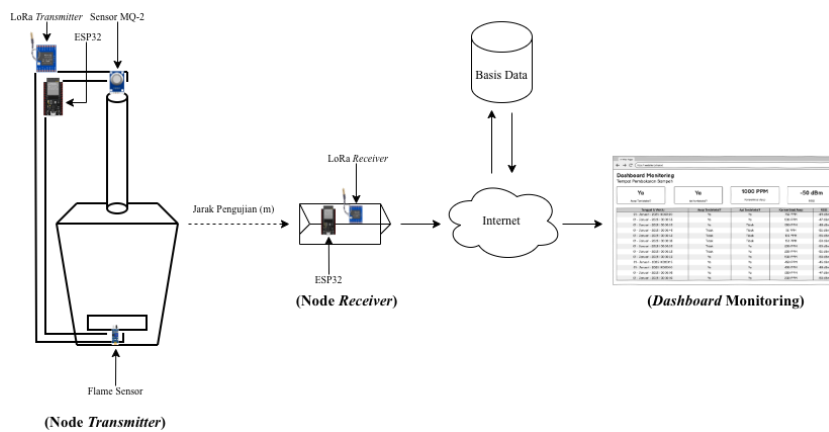
Dalam penelitian yang digunakan untuk menerapkan LoRa pada monitoring tempat pembakaran sampah berbasis *website* mencakup beberapa tahapan. Adapun metode penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

2.1. Tahapan Penelitian

- 1) Studi Literatur : Tahap pertama dalam penelitian ini ialah studi literatur yaitu pengumpulan dan kemudian mengevaluasi informasi dari berbagai sumber literatur yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Sumber literatur dapat berupa jurnal ilmiah penelitian yang sebelumnya pernah dilakukan, buku, maupun artikel yang berkaitan. Setelah mengumpulkan informasi dari berbagai sumber, kemudian data dianalisis untuk memahami cara kerja transmisi data LoRa, sensor dalam sistem, penggunaan firebase sebagai basis data dan website pada sistem monitoring.
- 2) Analisis Kebutuhan : Analisis kebutuhan pada penelitian ini mencakup kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam pembangunan sistem. Perangkat keras yang dibutuhkan meliputi modul LoRa SX1278 sebagai media transmisi data, sensor MQ-2 sebagai pendeteksi asap, *flame* sensor sebagai pendeteksi api, serta ESP32 sebagai mikrokontroler utama. Sementara itu, perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Arduino IDE untuk penulisan kode program pada mikrokontroler, *Visual Studio Code* untuk pengembangan antarmuka *website*, serta *Firestore* yang digunakan sebagai sistem manajemen basis data.
- 3) Perancangan Sistem : Perancangan sistem bertujuan untuk merumuskan komponen-komponen yang nantinya dibutuhkan pada proses implementasi. Dengan mengidentifikasi dan mendetailkan setiap kebutuhan, tahap ini berperan penting dalam memastikan seluruh bagian sistem yang diperlukan pada penelitian siap untuk direalisasikan. Perancangan sistem pada penelitian ini mencakup perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam pembangunan sistem monitoring. Perancangan perangkat keras meliputi pembuatan node *transmitter* sebagai pengirim data ke node *receiver*, node *receiver* sebagai penerima data dari node *transmitter*, serta perancangan sistem deteksi pada objek penelitian. Sementara itu, perancangan perangkat lunak meliputi pengembangan program pada ESP32 baik pada node *transmitter* maupun node *receiver*, proses kalibrasi sistem untuk memastikan keakuratan pembacaan sensor, perancangan basis data menggunakan *firebase*, serta perancangan *dashboard* monitoring berbasis *website*. Alur rancangan arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur Sistem

- 4) Implementasi : Implementasi sistem merujuk pada tahap realisasi dari hasil perancangan sistem kedalam bentuk nyata sehingga dapat berfungsi sesuai dengan yang sudah direncanakan. Proses implementasi sistem ini mencakup perakitan perangkat keras dan pemrograman perangkat lunak yang diimplementasikan pada dua node utama yaitu node *transmitter* dan node *receiver*. Implementasi perangkat keras meliputi pembangunan sistem deteksi pada objek penelitian dengan node transmitter sebagai pengirim data dan node receiver sebagai penerima data. Sementara itu, implementasi perangkat lunak mencakup penerapan kode program pada tiap node utama, serta mengintegrasikan basis data (*Firestore*) dan *dashboard* monitoring berbasis *website* yang dikembangkan sebagai antarmuka. Integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang dirancang. Implementasi keseluruhan sistem dapat dilihat pada Gambar 3.

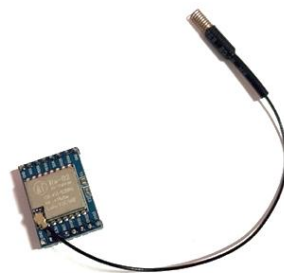


Gambar 3. Keseluruhan Sistem

- 5) Pengujian : Tahap pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem yang telah diimplementasikan agar dapat berfungsi sesuai dengan perancangan, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kualitas sinyal transmisi data LoRa, pengujian jarak transmisi data LoRa, serta pengujian kinerja sensor pada sistem deteksi. Hasil dari pengujian tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan performa sistem secara keseluruhan.
- 6) Kesimpulan dan Saran : Tahap terakhir dari penelitian ini ialah menarik kesimpulan dan saran dari hasil pengujian sistem. Kesimpulan didapat dari hasil pengujian yang kemudian dianalisis untuk memastikan tercapainya tujuan, serta hasil tersebut harus dapat menjawab rumusan masalah dalam penelitian. Sedangkan saran diberikan sebagai panduan untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem serupa di masa mendatang.

## 2.2. LoRa SX1278

LoRa adalah suatu perangkat yang memanfaatkan *Wireless Sensor Network* (WSN) untuk transmisi data. LoRa termasuk dalam sistem transmisi data *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) yang memungkinkan transmisi data jarak jauh. Pengembangannya didukung oleh berbagai pihak seperti IBM, *Semtech*, *Actility*, dan lainnya yang tergabung dalam *LoRa Alliance* [8]. LoRa SX1278 dapat mencapai tingkat sensitivitas tinggi hingga lebih dari -148 dBm jika dikombinasikan dengan penguat daya terintegrasi hingga +20 dBm menggunakan teknik modulasi LoRa yang dikembangkan oleh *Semtech*, meskipun menggunakan kristal berbiaya rendah. Selain itu, LoRa memiliki keunggulan yang signifikan dalam pemblokiran, selektivitas lebih baik dibanding dengan teknik modulasi konvensional, mengatasi permasalahan jarak, interferensi sinyal dan konsumsi daya yang lebih rendah [9]. Modul LoRa SX1278 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. LoRa SX1278

Kualitas sinyal transmisi data pada LoRa dinyatakan dengan parameter RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) untuk menunjukkan tingkat kualitas sinyal transmisi data pada sistem komunikasi nirkabel. Nilai RSSI dinyatakan dalam satuan desibel miliwatt (dBm) yang bernilai negatif dikarenakan pengaruh dari noise, daya transmisi, efek *multipath* dan gangguan lainnya dengan nilai mendekati 0 dBm menunjukkan kualitas sinyal transmisi data yang lebih baik, sedangkan nilai mendekati -120 dBm menunjukkan kualitas sinyal yang semakin lemah [10]. Nilai RSSI akan diperoleh secara otomatis menggunakan *library* pada Arduino IDE dengan fungsi `LoRa.packetRssi()` pada setiap terjadinya proses transmisi data [11]. Nilai RSSI dinyatakan dalam beberapa kategori yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori RSSI

Nilai RSSI (dBm)	Keterangan
-30 sampai -60	Sangat kuat. Jarak antar pemancar ke penerima terlalu dekat.
-60 sampai -90	Sangat baik. Jangkauan pengiriman cukup dekat.
-90 sampai -105	Baik. Adanya sebagian data yang tidak diterima.
-105 sampai -115	Buruk. Mampu menerima data meski <i>drop-out</i> .
-115 sampai -120	Sangat buruk. Sering terjadi <i>data loss</i> .

Sumber : [12]

Tabel 1. Menjelaskan terkait rentang level dari RSSI pada sistem komunikasi LoRa yang digunakan sebagai acuan dalam analisis kualitas sinyal yang diperoleh dari hasil pengujian [12].

Pengujian pada LoRa dilakukan untuk mengetahui kualitas jaringan transmisi data antar node. Pengujian kualitas sinyal dilakukan dengan patokan jarak 10 meter yang diukur menggunakan meteran pada setiap titik hingga transmisi data antar node terputus. Pada pengukuran jarak transmisi antar node digunakan meteran untuk memastikan jarak yang diukur akurat. Meteran yang digunakan untuk pengukuran jarak dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. LoRa SX1278

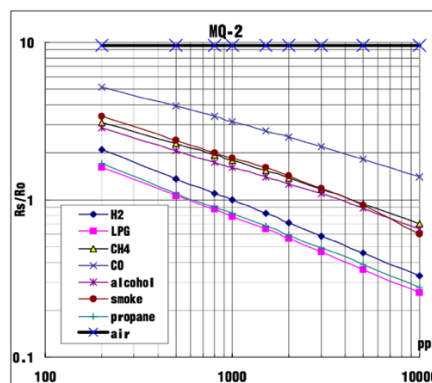
### 2.3. Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 adalah jenis sensor yang sensitif terhadap asap dan berbagai jenis gas yang mudah terbakar. Sensor ini bekerja dengan berdasarkan elemen utamanya berupa  $\text{SnO}_2$ , yang konduktivitas sensor nya akan meningkan saat adanya keberadaan gas tertentu di udara. Sensor ini dapat mendeteksi berbagai jenis gas seperti LPG, Propana, Hidrogen, Karbon Monoksida, Metana, Alkohol, serta gas-gas mudah terbakar lainnya. Sensor ini menghasilkan *output* berupa tegangan yang menunjukkan konsentrasi gas yang terdeteksi di udara. Rentang deteksi yang dapat dibaca oleh sensor yaitu berkisar diantara 300 ppm hingga 10.000 ppm dan dapat beroperasi pada suhu mulai dari  $-200^\circ\text{C}$  hingga  $500^\circ\text{C}$  dengan konsumsi arus kurang dari 150 mA pada tegangan 5V [13]. Sensor MQ-2 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sensor MQ-2

Pengujian sensor MQ-2 dilakukan dengan mendeteksi keberadaan asap pada tempat pembakaran sampah untuk menghasilkan status deteksi asap dan nilai pembacaan konsentrasi asap dalam satuan PPM. Sensor MQ-2 terlebih dahulu dikalibrasi saat kondisi tempat pembakaran sampah belum dilakukan proses pembakaran sampah untuk menentukan nilai  $R_0$  dengan cara melakukan perhitungan matematis yang diacu menggunakan karakteristik kurva sensitivitas pada *datasheet* Hanwei untuk MQ-2. Adapun *datasheet* Hanwei dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva Sensitivitas *Datasheet* Hanwei  
Sumber : [14]

Kalibrasi pada sensor MQ-2 dilakukan untuk memperoleh nilai acuan  $R_0$  (resistansi sensor pada udara bersih) yang digunakan untuk menjadi dasar dalam perhitungan konsentrasi asap (PPM) [15]. Adapun proses kalibrasi sensor MQ-2 dilakukan dengan beberapa langkah, diantaranya sebagai berikut:

1. Melakukan *preheating* (pemanasan) selama minimal 48 jam hingga pembacaan sensor stabil sebelum digunakan untuk pengujian utama [16].
2. Menghitung tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) dengan persamaan yang dapat dilihat pada persamaan 1 [17]:  

$$V_{out} \text{ (tegangan keluaran)} \tag{1}$$

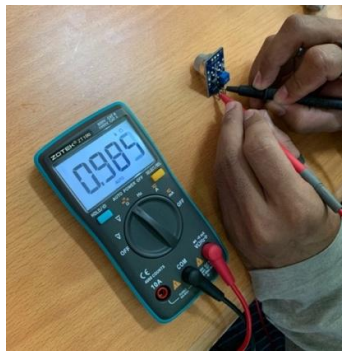
$$\begin{aligned}
 &= \frac{(ADC \times V_{max})}{D_{max}} \\
 &= \frac{(248 \times 3,3)}{4095} \\
 &= 0,19985 V
 \end{aligned}$$

Dimana ADC adalah nilai pembacaan pin analog sensor MQ-2 pada ESP32 yang didapat dari hasil kalibrasi dengan nilai dari 0 sampai 4095 yang ditampilkan pada *serial monitor* Arduino IDE, dimana nilai  $D_{max}$  adalah nilai maksimal dari ADC yaitu 4095 dan  $V_{max}$  adalah tegangan referensi ESP32.

3. Menghitung resistansi sensor ( $R_S$ ) dengan persamaan yang dapat dilihat pada persamaan 2 [18]:

$$\begin{aligned}
 R_S \text{ (resistansi sensor)} & \\
 &= \left( \frac{(V_{in} \times R_L)}{V_{out}} \right) - R_L \\
 &= \left( \frac{(5 \times 1)}{0,19985} \right) - 1 \\
 &= 24,018 \text{ k}\Omega
 \end{aligned} \tag{2}$$

Dimana  $V_{in}$  adalah tegangan catu dan  $V_{out}$  yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya. Pada perhitungan  $R_S$  (resistansi sensor) terdapat nilai  $R_L$  yang dihasilkan dari pengukuran manual menggunakan multimeter dengan mengukur tegangan pada sensor MQ-2 dari pin Aout (keluaran analog) dan GND (tegangan nol) dalam kondisi sensor MQ-2 dimatikan dengan hasil 0,985 k $\Omega$  atau 1 k $\Omega$  dari hasil pengukuran. Pengukuran manual nilai  $R_L$  dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai  $R_L$

4. Menghitung nilai resistansi sensor pada udara bersih ( $R_0$ ) dengan persamaan yang dapat dilihat pada persamaan 3 [18]:  
 $R_0$  (resistansi sensor pada udara bersih) (3)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{R_S}{9,8} \\
 &= \frac{24,018}{9,8} \\
 &= 2,450 \text{ k}
 \end{aligned}$$

Dimana nilai  $R_S$  diperoleh dari perhitungan sebelumnya dan konstanta rasio 9.8 merujuk pada karakteristik sensor pada *datasheet* Hanwei. Nilai  $R_0$  ini nantinya akan dijadikan sebagai parameter tetap untuk perhitungan konsentrasi asap selanjutnya dengan nilai  $R_S$  yang dihitung ulang pada nilai pembacaan analog (ADC) berbeda.

5. Menghitung konstanta rasio pada *datasheet* ( $R_S/R_0$ ) dengan persamaan yang dapat dilihat pada persamaan 4 [18]:  
 $R_S/R_0$  (konstanta rasio *datasheet*) (4)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{24,018}{2,450} \\
 &= 9,8
 \end{aligned}$$

Dimana nilai  $R_S$  dan  $R_0$  yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya.

6. Menentukan konstanta karakteristik kemiringan ( $m$ ) dan intersep ( $b$ ) dari kurva sensitivitas, dengan persamaan yang dapat dilihat pada persamaan 5 dan persamaan 6 [18]:  
 $m$  (konstanta karakteristik kemiringan) (5)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\log\left(\frac{y^3}{y1}\right)}{\log\left(\frac{x^3}{x1}\right)} \\
 &= \frac{\log\left(\frac{0,6}{3,4}\right)}{\log\left(\frac{10.000}{200}\right)} \\
 &= \frac{\log(0,176470588)}{\log(50)} \\
 &= \frac{-0,753327667}{1,698970004} \\
 &= -0,443402570 \\
 &b \text{ (konstanta karakteristik intersep)} \tag{6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \log(y2) - m \times \log(x2) \\
 &= \log(0,95) - (-0,443402570) \times \log(5.000) \\
 &= (-0,022276395) - (-0,443402570) \times 3,698970004 \\
 &= (-0,022276395) - (-1,640132807) \\
 &= 1,617856412
 \end{aligned}$$

Model regresi logaritmik digunakan untuk menentukan konstanta ( $m$  dan  $b$ ) yang diambil dari kurva sensitivitas pada *datasheet* Hanwei dengan memilih titik referensi akhir dan awal untuk perhitungan konstanta  $m$  dan titik referensi pada tengah kurva untuk perhitungan konstanta  $b$  pada kurva *smoke*.

7. Konversi rasio  $R_s/R_0$  menjadi nilai konsentrasi asap (PPM), dengan persamaan yang dapat dilihat pada persamaan 7 [18]:

$$\log(\text{ppm}) = \frac{\left(\log\left(\frac{R_s}{R_0}\right) - b\right)}{m}$$

dari logaritma tersebut, dilakukan *inverse* log menjadi:

$$\begin{aligned}
 \text{PPM} &= 10^{\frac{\left(\log\left(\frac{R_s}{R_0}\right) - b\right)}{m}} \\
 &= 10^{\frac{\left(\log(9,8) - 1,617856412\right)}{-0,443402570}} \\
 &= 10^{\frac{\left(\log(0,991226076) - 1,617856412\right)}{-0,443402570}} \\
 &= 25,896 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

Rasio  $R_s/R_0$  akan berubah secara berkala menyesuaikan nilai pembacaan analog (ADC) selanjutnya dan nilai konstanta ( $m$  dan  $b$ ) digunakan nilai pada hasil perhitungan sebelumnya.

#### 2.4. Flame Sensor

*Flame* sensor adalah sensor yang dirancang untuk mendeteksi keberadaan api melalui cahaya inframerah yang dihasilkan oleh api menggunakan metode optik dengan panjang gelombang yang dapat dideteksi diantara 760 nm hingga 1100 nm. Dari hasil sinyal pendeteksian kemudian di proses oleh mikrokontroler pada modul sensor untuk menentukan keberadaan dan jangkauan nyala api. Sensor ini dapat bekerja optimal pada suhu diantara 250°C hingga 850°C. Sensor ini memiliki kemampuan untuk medeteksi nyala api dalam rentang waktu 2 hingga 3 detik [13]. *Flame* Sensor dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Flame Sensor

Pengujian deteksi nyala api pada *flame* sensor dilakukan dengan menyesuaikan sensitivitas potensiometer yang terdapat di modul. Penyesuaian potensiometer dilakukan dengan tujuan sensor dapat mendeteksi adanya nyala api pada tempat pembakaran sampah dalam kondisi sebenarnya [19]. *Flame* sensor bekerja secara digital dengan *output* “LOW” jika terdeteksi adanya nyala api dan “HIGH” jika tidak terdeteksi adanya nyala api [20].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian, pada kalibrasi sensor MQ-2 didapat nilai  $R_0 = 2,450 \text{ k}\Omega$  untuk acuan keluaran selanjutnya. Hasilnya, sensor mampu mendeteksi keberadaan asap dengan ditandai perubahan nilai konsentrasi deteksi asap seiring meningkatnya intensitas asap yang dihasilkan dari proses pembakaran sampah.. Pada status deteksi asap, nilai konsentrasi asap yang dinyatakan terdeteksi adanya asap ialah apabila melebihi nilai 300 ppm.

Kemudian, pada *flame* sensor diuji untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi nyala api pada tempat pembakaran sampah. Pengujian dilakukan dengan menyesuaikan sensitivitas sensor melalui potensiometer yang terdapat pada modul hingga dapat mendeteksi nyala api sesuai kondisi di lapangan. Hasilnya, sensor mampu mendeteksi nyala api dengan memberikan status deteksi terdeteksinya api saat tempat pembakaran sampah dilakukan proses pembakaran sampah.

Pada pengujian transmisi data pada LoRa, dilakukan pengujian kualitas sinyal dengan transmisi data antara node *transmitter* dan node *receiver* berdasarkan jarak pada kondisi garis lurus tanpa halangan (LOS) dengan patokan jarak setiap 10 meter hingga komunikasi terputus. Hasil pengujian menunjukkan transmisi data LoRa dapat dilakukan hingga jarak 150 meter. Kualitas sinyal diukur menggunakan parameter RSSI (Received Signal Strength Indicator) dengan mengambil nilai rata-rata pada tabel riwayat di setiap titik uji untuk mengkategorikan kualitas sinyal pada tiap titik pengujian yang diacu pada Tabel 1.

Pengujian pengiriman paket data ke basis data dilakukan untuk memastikan bahwa data hasil monitoring dan transmisi data LoRa dapat terkirim dan tersimpan sesuai dengan yang di transmisikan pada LoRa node *receiver*. Pengiriman paket data dari node receiver ke basis data menggunakan jaringan internet dikarenakan basis data Firebase adalah basis data berbasis cloud oleh Google yang perlu di hosting sehingga memerlukan jaringan internet untuk pengiriman data. Hasilnya, paket data yang dikirim dari node receiver ke basis data berhasil terkirim dan tersimpan pada basis data sesuai dengan yang ditransmisikan pada proses monitoring.

Pada *dashboard* monitoring berbasis *website*, dilakukan uji sinkronisasi paket data untuk memastikan bahwa paket data yang tersimpan pada basis data dapat ditampilkan pada *dashboard* monitoring secara *real-time*. Hasilnya, paket data yang ditampilkan pada *dashboard* monitoring menampilkan data secara *real-time* yang sinkron dengan basis data.

Keseluruhan parameter uji akan dimonitoring pada *dashboard* monitoring tempat pembakaran sampah berbasis *website*. Hasil pengujian sistem pada setiap jarak pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kualitas Sinyal Transmisi Data LoRa

Jarak (m)	Nilai Rata-Rata RSSI (dBm)	Kategori
1	-60,4	Sangat Kuat
10	-82,3	Sangat Baik
20	-84,3	Sangat Baik
30	-87,6	Sangat Baik
40	-86,9	Sangat Baik
50	-95,2	Baik
60	-96,4	Baik
70	-96,4	Baik
80	-96,6	Baik
90	-98	Baik
100	-97,3	Baik
110	-96,7	Baik
120	-97,4	Baik
130	-97,8	Baik
140	-97	Baik
150	-91,1	Baik

Dari penelitian yang dilakukan, implementasi transmisi data LoRa pada monitoring tempat pembakaran sampah didapat bahwa kualitas sinyal terbaik ditemukan pada jarak pengujian 1 meter dengan rata-rata nilai RSSI -60,4 dBm dan menjadikannya titik terbaik dalam transmisi data pada pengujian. Selanjutnya, pada kategori Sangat Baik dalam pengujian ditemukan pada titik 10 meter hingga 40 meter. Kemudian, kategori Baik ditemukan pada jarak 50 meter hingga 150 meter. Kualitas sinyal terburuk ditemukan pada titik 90 meter, dengan rata-rata nilai RSSI -98 dBm, sedangkan titik transmisi terburuk ditemukan pada titik 150 meter dengan banyaknya hambatan pada proses transmisi, walaupun kualitas sinyal transmisi yang didapat tidak seburuk di titik 90 meter. Kualitas sinyal pada pengujian sangat berpengaruh dalam transmisi data sensor, semakin menurun kualitas sinyal, memungkinkan juga munculnya error pada paket data yang dikirim seperti yang terjadi pada titik 60 meter keatas ditemukan error berupa paket data yang tidak diterima dengan baik oleh node *receiver* sehingga data yang ditampilkan pada *dashboard* monitoring ditampilkan paket data yang sama pada paket data sebelumnya. Pada jarak 130 meter dan 140 meter terdapat error berupa *threshold* yang tidak sesuai dengan parameter deteksi dengan status asap terdeteksi dibawah *threshold* yang sudah ditentukan.

Pada transmisi data LoRa dapat dilakukan hingga jarak 150 meter pada kondisi garis lurus tanpa halangan (LOS) dengan kendala transmisi data banyak ditemukan saat jarak melebihi 100 meter, tetapi tidak menutup kemungkinan kendala serupa dapat ditemukan mulai dari titik 60 meter, namun dengan kendala yang ditemukan sangat minim. Kemudian, Pada jarak 0 hingga 50 meter, tidak ditemukan kendala pada transmisi data LoRa.

Selain itu, sensor berhasil berfungsi dengan yang direncanakan, walaupun ada beberapa kendala seperti data yang tidak sesuai dengan parameter seharusnya dan data duplikat yang muncul, namun hal tersebut terjadi dikarenakan adanya gangguan pada transmisi data LoRa. Gangguan transmisi data tersebut berpengaruh langsung pada basis data dan *dashboard* monitoring berbasis *website* karena data yang diterima pada basis data yang tersinkron ke *dashboard* monitoring adalah data yang sama pada Arduino IDE.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil keseluruhan penelitian yang telah dilakukan, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Kualitas sinyal transmisi data pada transmisi LoRa ditemukan nilai terbaik pada titik pengujian 1 meter dengan nilai RSSI -60,4 dBm yang menjadikannya titik terbaik pada pengujian transmisi LoRa. Selanjutnya, pada titik pengujian 1 meter hingga 40 meter didapat kualitas sinyal yang dikategorikan dengan kategori Sangat Baik. Pada kualitas sinyal transmisi dengan kategori Baik didapat pada titik pengujian 50 meter hingga 150 meter. Kemudian, kualitas sinyal transmisi terburuk didapat pada titik pengujian 90 meter dengan nilai RSSI -98 dBm, sedangkan transmisi terburuk LoRa berada di titik 150 meter dengan banyaknya hambatan pada proses transmisi, walaupun kualitas sinyal yang didapat tidak seburuk di titik 90 meter.
2. Jarak maksimal transmisi data pada transmisi LoRa dapat dijangkau hingga 150 meter pada kondisi LOS (*Line of Sight*), dengan jangkauan efektif hingga 100 meter. Pada jarak diatas 100 meter transmisi data LoRa mulai banyak ditemukan beberapa kendala transmisi data sehingga menyebabkan nilai hasil monitoring tidak sesuai dengan yang seharusnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. T. S. Sabuna, D. Marisa Midyanti, dan K. Kasliono, "Waktu Respons Transmisi Data Dalam Implementasi Algoritma A-Star Pada Sistem Pengambilan Tempat Sampah IoT Berbasis Telegram," *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, vol. 6, no. 3, hlm. 354–363, Des 2025, doi: 10.37859/coscitech.v6i3.10393.
- [2] D. Rohpandi, S. S. Sundari, A. T. Hidayatuloh, dan S. Muiz, "Sistem Monitoring Tempat Pembuangan Sampah Sementara Berbasis Android dan Internet Of Things," *SISITI*, vol. XI, no. 1, hlm. 331–334, Jul 2022, Diakses: 16 April 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.undipa.ac.id/index.php/sisiti/article/view/978>
- [3] O. R. D. Srihantaran, A. Wagyana, A. Rifai, dan A. E. Octariano, "Implementasi Modul LoRa dan GPS untuk Efisiensi Pengumpulan Sampah," *SPEKTRAL*, vol. 4, no. 2, hlm. 207–212, Okt 2023, doi: 10.32722/spektral.v4i2.6622.
- [4] U. M. Khoir dkk., "Pengelolaan Sampah Anorganik Melalui Alat Pembakar Sampah Alternatif untuk Mewujudkan Lingkungan Sehat," *Prosiding Seminar Nasional Program Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*, vol. 8, no. 1, hlm. 307–317, Mei 2025, doi: <https://doi.org/10.18196/ppm.81.1297>.
- [5] Firman Anggoro, Dian Nazelliana, dan Nia Damayanti, "Sistem Informasi Kaji Cepat Bencana Kebakaran Bpbd Provinsi Dki Jakarta Menggunakan Java Netbeans," *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, vol. 2, no. 2, hlm. 83–90, Des 2021, doi: 10.37859/coscitech.v2i2.2949.

- [6] R. Sahbani dan H. Azwar, "Pengiriman Data Sensor Suhu dan Asap Menggunakan Longe Range (LoRa)," *ABEC Indonesia*, vol. 9, hlm. 1063–1080, 2021, Diakses: 16 April 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://abecindonesia.org/proceeding/index.php/abec/article/view/161/232>
- [7] Y. Apriani, W. A. Oktaviani, dan I. M. Sofian, "Design and Implementation of LoRa-Based Forest Fire Monitoring System," *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 3, no. 3, hlm. 236–243, Mei 2022, doi: 10.18196/jrc.v3i3.14128.
- [8] K. Simangunsong, U. A. Ahmad, dan R. E. Saputra, "Desain dan Implementasi Dashboard Monitoring Sistem Pendeteksi Kebakaran Hutan Berbasis Lora dan Web," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 9, no. 3, hlm. 974–987, Jun 2022, Diakses: 5 Juli 2025. [Daring]. Tersedia pada: Desain Dan Implementasi Dashboard OPEN Library Telkom University <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/files>
- [9] F. A. Zulafah, D. Dewatama, dan Siswoko, "Rancang Bangun Stasiun Cuaca berbasis Wireless Sensor Network dengan LoRa SX1278," *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 24, no. 2, hlm. 116–8, Okt 2022, doi: <https://doi.org/10.24912/tesla.v24i2.18463>.
- [10] B. B. Rijadi dan A. R. Machdi, "Distance Testing on Point to Point Communication with LoRa Basd on RSSI and Log Normal Shadowing Model," *Journal of Energy and Electrical Engineering*, vol. 5, no. 2, hlm. 89–93, Apr 2024, doi: <https://doi.org/10.37058/jee.v5i2.10277>.
- [11] M. Silva, D. Marques, D. Valadares, dan A. Ferreira, "Assessment of LoRa Signal Strength in a Building Environment," *Preprints.org*, Agu 2024, doi: 10.20944/preprints202408.0663.v1.
- [12] D. W. Herdiyanto, W. Cahyadi, D. R. Nuryanto, C. S. Sarwono, A. C. Eska, dan I. Wicaksono, "Pengukuran RSSI pada Sistem Monitoring Rumah Walet berbasis WSN LoRa RSSI Measurement on Swiftlet Nest Monitoring System based on WSN LoRa," *TELKA: Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi, dan Kontrol*, vol. 11, no. 1, hlm. 16–28, Mar 2025, doi: <https://doi.org/10.15575/telka.v11n1.16-28>.
- [13] B. Rahman, F. Fernando, dan N. Indriawan, "Sistem Monitoring Kebocoran Gas Dan Api Menggunakan Sensor MQ-2 Dan Flame Sensor Berbasis Android," *Journal Sensi Online*, vol. 8, no. 2, hlm. 209–222, Agu 2022, doi: 10.33050/sensi.v8i2.2429.
- [14] Ltd. Hanwei Electronics Co., "MQ-2 Gas Sensor Technical Data," Zhengzhou, China, 2010. Diakses: 24 Oktober 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1572279/HANWEI/MQ-2.html>
- [15] Y. R. Carrillo-Amado, M. A. Califa-Urquiza, dan J. A. Ramón-Valencia, "Calibration and Standardization of Air Quality Measurements using MQ Sensors," *Respuestas*, vol. 25, no. 1, hlm. 70–77, Jan 2020, doi: 10.22463/0122820x.2408.
- [16] Ltd. Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., "MQ-2 Semiconductor Sensor for Flammable Gas Manual," Zhengzhou, China, Mar 2015. Diakses: 24 Oktober 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1572279/HANWEI/MQ-2.html>
- [17] K. Zhang dan H. F. Lv, "Design and implementation of energy Consumption Acquisition Device Based on ESP32," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2310, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2310/1/012035.
- [18] K. A. R., V. Kumar, dan M. R. Mesta, "Industrial Pollution Monitoring System using NodeMCU and MTI APP Inventor," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 07, no. 06, hlm. 165–169, Jun 2020, [Daring]. Tersedia pada: [www.irjet.net](http://www.irjet.net)
- [19] A. Morchid dkk., "IoT-Enabled Fire Detection for Sustainable Agriculture: A real-time System using Flask and Embedded Technologies," *Results in Engineering*, vol. 23, Sep 2024, doi: 10.1016/j.rineng.2024.102705.
- [20] F. N. Khan, M. Shaikh, S. Shaikh, dan A. Saudagar, "Flame Detection System," *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, vol. 13, no. 4, hlm. 261–276, Apr 2025, [Daring]. Tersedia pada: [www.ijcrt.org](http://www.ijcrt.org)