

## PENDETEKSI PENEBAANG LIAR MENGGUNAKAN SENSOR SUARA MAX4466 DI KAWASAN HUTAN

Ahmad Zulfadli<sup>\*</sup>), Oktaf Brilian Kharisma, Harris Simaremare dan Ewi Ismaredah

Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Indonesia

<sup>\*</sup>E-mail : 11950511598@students.uin-suska.ac.id

### Abstrak

Penebangan liar merupakan masalah serius yang menyebabkan rusaknya sumber daya hutan dari segi kualitas, kuantitas, dan ekosistem. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mencegah praktik penebangan liar, antara lain pengawasan hutan, menetapkan undang-undang yang mengatur tindak pidana kasus penebangan liar, dan mempertegas sanksi bagi pelaku penebangan liar. Namun, praktik penebangan liar masih terjadi karena keterbatasan pengawasan yang bisa dilakukan. Oleh karena itu, dirancang sistem pendeteksi penebangan liar sebagai alternatif untuk membantu pengawasan area hutan dari jarak jauh. Sistem dirancang untuk mengidentifikasi suara gergaji mesin menggunakan 4 sensor suara MAX4466. Kemudian, data tingkat kebisingan di proses dan dikirim dari *Node* ke *IoT Gateway* setiap satu menit. Dan setelah *IoT Gateway* menerima data, selanjutnya akan dikirim ke *web server* untuk disimpan di *database* dan ditampilkan di *website monitoring*. Pada pengujian yang dilakukan, nilai ambang batas ditetapkan sebesar 60 dB. Hasilnya, sistem dapat mendeteksi suara gergaji mesin kecuali pada percobaan arah sensor 2 dengan jarak 50 m dikarenakan hambatan yang berbeda pada setiap arah sensor dalam pengujian dan mempengaruhi gelombang suara yang terdeteksi oleh sensor.

*Kata kunci:* ESP32, IoT, LoRa SX1278, Penebangan Liar, Sensor Suara MAX4466

### Abstract

*Illegal logging is a serious problem that causes damage to forest resources in terms of quality, quantity and ecosystem. Various efforts have been made to prevent illegal logging practices, including forest monitoring, enacting laws that regulate criminal acts in cases of illegal loggers, and strengthening sanctions for perpetrators of illegal loggers. However, the practice of illegal logging still occurs frequently due to the limited monitoring that can be carried out. Therefore, a system for detecting illegal loggers was designed as an alternative to help monitor forest areas remotely. The system is designed to identify the sound of a chainsaw using 4 MAX4466 sound sensors. Then, the noise level data is processed and sent from the Node to the IoT Gateway every one minute. And after the IoT Gateway receives the data, it will then be sent to the web server to be stored in the database and displayed on the monitoring website. In the tests carried out, the threshold value was set at 60 dB. As a result, the system can detect the sound of a chainsaw except for the sensor 2 direction experiment with a distance of 50 m due to different obstacles in each direction of the sensor in the test and affect the sound waves detected by the sensor.*

*Keywords:* ESP32, illegal Logging, IoT, LoRa SX1278, MAX4466 Sound Sensor

### 1. Pendahuluan

Penebangan liar (*Illegal Logging*) merupakan tindakan yang melanggar aturan pelestarian lingkungan yang diatur dalam undang-undang No 18 tahun 2013 bagian kedua, Pasal 11 ayat (1) dan (2) [1][2]. Penebangan liar merupakan masalah yang serius di bidang kehutanan yang menyebabkan rusaknya sumber daya hutan, baik dari segi kualitas, kuantitas dan ekosistem hutan [3][4][5]. Praktik penebangan liar dikategorikan sebagai tindak pidana khusus [2]. Karena secara *de facto*, praktik penebangan liar dapat menimbulkan dampak yang multidimensi baik sosial, budaya, ekologi dan ekonomi [2]. Selain itu, perlu disadari jika ekosistem hutan dirusak dan dikurangi secara terus menerus maka dapat berdampak juga pada

instabilitas iklim [6][7], karena hutan merupakan kawasan yang berperan penting sebagai pengatur tata air, penanggulangan bencana, menjaga kesuburan tanah, penghasil oksigen dan berfungsi sebagai rumah bagi flora dan fauna yang ada didalamnya [6][8][3].

Pentingnya menjaga ekosistem hutan juga diatur dalam Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 Pasal 35 tentang Penanggulangan Bencana. Pada draf UU ini dijelaskan bahwa menjaga ekosistem hutan merupakan salah satu penyelenggaraan penanggulangan bencana dalam situasi tidak terjadi bencana [5].

Berbagai upaya telah dilakukan pemerintah untuk mencegah hutan dari kegiatan penebangan liar.

Seperti ,melakukan sosialisasi terhadap masyarakat, melakukan pengawasan, *monitoring* langsung kawasan hutan yang rawan penebangan liar dan menetapkan undang-undang yang mengatur tindak pidana kasus penebang liar serta mempertegas sanksi yang diberikan terhadap pelaku penebang liar [9][10]. Akan tetapi, upaya tersebut dinilai masih kurang efektif untuk melindungi hutan dari ancaman kerusakan. Areal hutan yang luas dan kondisi hutan yang sulit dijangkau membuat pemantauan menjadi sulit dilakukan. Pada tahun 2021 Robinopsnal Bareskrim Polri melaporkan bahwa jumlah kasus penebang liar (*Illegal logging*) pada kawasan hutan lindung di Indonesia sebanyak 327 kasus [11]. Kasus terbanyak ditindak oleh Polda Jawa Timur yakni 83 kasus, sedangkan Polda Riau menempati urutan kedua dengan jumlah kasus terbanyak yaitu 26 kasus [11].

Oleh karena itu perlu adanya pencegahan yang harus dilakukan, salah satunya inovasi dibidang teknologi yang dapat membantu proses *monitoring* kawasan hutan. Sistem pendeteksi penebang liar dirancang untuk membantu proses *monitoring* kawasan hutan dari jarak jauh dan merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mendeteksi praktik penebangan liar [12]. Sensor akan membaca tingkat kebisingan suara disekitar untuk mengidentifikasi objek target. Penggunaan sensor suara untuk mendeteksi penabang liar telah dilakukan oleh peneliti [3] dan [5]. Hasilnya, peneliti [3] dapat mendeteksi suara gergaji mesin dengan menggunakan sensor suara LM2596 dan Arduino Nano, akan tetapi sensor LM2596 dinilai kurang bagus sebab sensitifitasnya yang rendah dan pengujian pada penelitian ini belum menggunakan komunikasi nirkabel. Peneliti [5] dapat mengidentifikasi suara gergaji mesin menggunakan sensor suara LM2596 dan Raspberry Pi, akan tetapi sistem ini dapat bekerja didaerah yang memiliki jaringan internet karena komunikasi pengiriman data ke *website monitoring* membutuhkan akses internet.

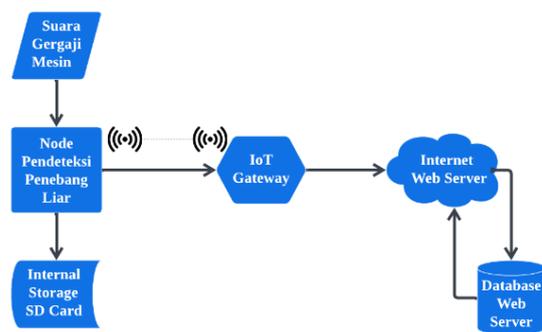
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengembangkan alat pendeteksi suara gergaji mesin yang berfungsi untuk *monitoring* kawasan hutan lindung dari penebang liar dengan menggunakan empat sensor suara MAX4466, ESP32 DevKit V1 dan modul LoRa SX1278 untuk mengirim hasil *monitoring* menggunakan frekuensi radio sehingga alat ini masih dapat berkomunikasi walaupun penempatannya berada di wilayah yang tidak ada jaringan GSM dan internet. LoRa merupakan singkatan dari *Long Range* yang merupakan teknologi komunikasi yang dipatenkan oleh Semtech [13]. LoRa mampu mengirim data berukuran kecil antara 10 hingga 20 *byte* dengan kecepatan 0,3 hingga 5,5 Kbps dengan cakupan area yang luas dan konsumsi baterai rendah sehingga cocok untuk penggunaan pada sistem yang butuh komponen dengan konsumsi daya yang rendah [7] [14].

## 2. Metode

Penelitian diawali dengan mengidentifikasi masalah dan melakukan studi literatur untuk mencari referensi yang berkaitan dengan penelitian. Selanjutnya melakukan perancangan system, perancangan perangkat keras dan melakukan pengujian sistem [14].

### 2.1. Rancangan Sistem

Diagram perancangan sistem diilustrasikan seperti gambar 1.



Gambar 1. Perancangan Sistem Pendeteksi Penebang Liar.

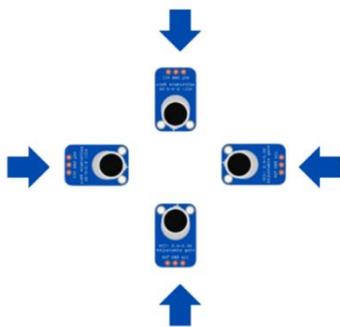
Adapun maksud dari gambar 1 yaitu:

1. Sensor suara berfungsi untuk menerima inputan suara berupa sinyal analog dari hasil pembacaan tingkat kebisingan sekitar dan mengirimkannya ke ESP32.
2. *Node* pendeteksi penebang liar berbasis ESP32 berfungsi untuk memproses sinyal dan menghasilkan data pendeteksian.
3. Setelah data diproses pada *Node* berbasis ESP32, hasilnya disimpan pada *internal storage* menggunakan modul *SD Card*.
4. Selanjutnya data dikirim ke *IoT Gateway* menggunakan modul LoRa.
5. Data yang diterima *IoT Gateway* dikirim ke *Web Server* dan disimpan ke *Database Web Server*.
6. Selanjutnya data ditampilkan ke *web monitoring* pendeteksi penebang liar.

Perancangan sistem menggunakan empat sensor suara yang diletakkan dengan arah yang berbeda yaitu pada arah utara, selatan, timur dan barat. Hal tersebut bertujuan agar jangkauan pembacaan sensor lebih luas seperti terlihat pada gambar 2.

Desain sistem dirancang untuk dapat mengolah inputan sinyal analog yang diterima oleh sensor suara MAX4466 menjadi nilai tingkat kebisingan area sekitar [4]. Setelah nilai tingkat kebisingan didapat, maka akan dibandingkan dengan nilai *threshold* yang ditetapkan [12]. Pengambilan data tingkat kebisingan dilakukan sebanyak 20 kali dalam

satu menit, apabila nilai tingkat kebisingan melebihi dari nilai *threshold* sebanyak 15 kali dalam satu menit maka status pendeteksian “Bahaya” sebaliknya jika nilai tingkat kebisingan yang melebihi dari nilai *threshold* kurang dari 15 kali dalam satu menit maka status pendeteksian “Aman”. Sehingga pengambilan keputusan untuk status pendeteksian penebang liar dilakukan setiap satu menit. Penggunaan metode ini bertujuan untuk membedakan nilai tingkat kebisingan melebihi *threshold* yang dihasilkan hewan seperti burung yang berada di hutan dengan nilai tingkat kebisingan melebihi *threshold* yang dihasilkan gergaji mesin karena kriteria suara yang dihasilkan gergaji mesin cenderung memiliki tingkat kebisingan yang sama dan durasi yang lama.



Gambar 2. Posisi Sensor Suara

Hasil pembacaan sensor selama satu menit diproses oleh ESP32 dan menghasilkan data berupa rata-rata tingkat kebisingan sensor 1, sensor 2, sensor 3, sensor 4 dan status pendeteksian penebangan liar. Selanjutnya data tersebut akan disimpan di *Micro SD* [15] dan dikirim menggunakan modul LoRa SX1278 yang berfungsi sebagai *transmitter* ke *IoT Gateway* berbasis modul LoRa dan ESP32 sebagai *receiver* [8] [16] [17].

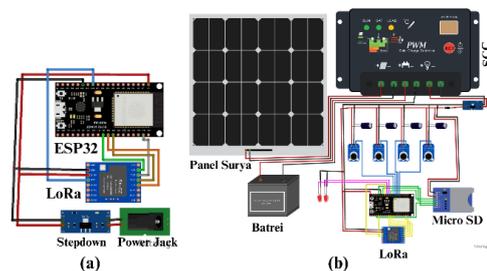
Selanjutnya data yang diterima akan ditampilkan di *website monitoring* untuk memudahkan dalam pemantauan lokasi secara realtime. Dan *website monitoring* akan menampilkan peringatan bahaya jika status penebangan liar terdeteksi [5].

## 2.2. Rancangan Perangkat Keras

Penelitian ini terdiri dari satu *Node* dan satu *IoT Gateway* yang menggunakan empat sensor suara MAX4466 [18], *Micro SD Adapter* [15], ESP32 *DevKit V1* [19], LoRa SX1278 Ra-02 433 MHz [17] [20] dan modul PLTS sebagai sumber energi untuk seluruh komponen. Modul PLTS terdiri dari panel surya 20 Wp, Baterai 12 V 7 Ah sebagai penyimpan daya, *Solar Charger Controller* (SCC) dan *Step Down* 5 V [3][12].

Sensor suara disusun sesuai dengan arah mata angin, supaya area yang bisa dideteksi lebih luas. Setiap sensor akan mengirimkan sinyal analog ke ESP32 untuk diproses

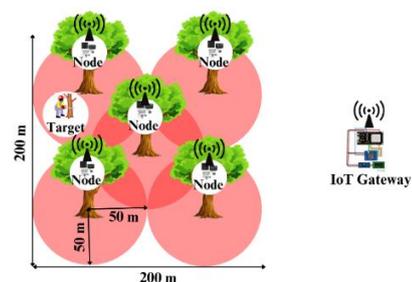
[21]. Pemrosesan ini bertujuan untuk menentukan tingkat kebisingan dalam satuan desibel dan mengetahui apakah tingkat kebisingan melebihi nilai *threshold* atau tidak [12]. Sedangkan komunikasi LoRa pada *Node* dengan *IoT Gateway* menggunakan frekuensi radio 433 MHz [22]. Pemilihan modul LoRa sebagai alat komunikasi dikarenakan kebanyakan kawasan hutan tidak memiliki jaringan GSM maupun jaringan internet [16] [17]. Sehingga salah satu opsi yang dapat digunakan adalah komunikasi melalui jaringan radio. Untuk perancangan rangkaian secara keseluruhan baik itu pada *Node* maupun *IoT Gateway* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. (a) Rangkaian IoT Gateway (b) Rangkaian Node

Pada rangkaian *Node* sumber listrik didapat dari modul PLTS dikarenakan penempatan *Node* yang berada didalam hutan. Modul PLTS akan menyuplai daya pada *Node* selama baterai masih memiliki energi yang tersimpan dari hasil pengisian ulang ketika siang hari. Rangkaian *Node* juga terdapat kapasitor 0,1  $\mu\text{F}$  yang dipasang pada sensor suara MAX4466 yang bertujuan untuk menghilangkan suara *noise* yang berlebihan ketika pengambilan sampel suara [23]. Sedangkan dua led pada rangkaian bertujuan untuk mengindikasikan sistem sedang berjalan. Led akan berkedip jika sistem sedang melakukan pengambilan data maupun sedang pengiriman data. Sedangkan pada *IoT Gateway* sumber listrik menggunakan PLN karena penempatannya pada wilayah yang sudah memiliki koneksi internet dan jaringan listrik PLN.

## 2.3. Topologi Sistem



Gambar 4. Topologi Sistem

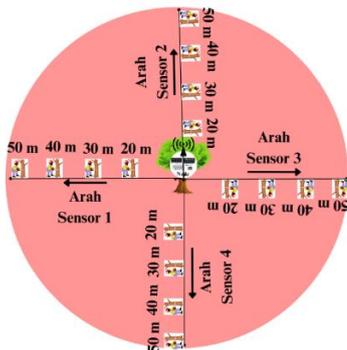
Adapun maksud dari Gambar 4. Adalah sebagai berikut:

1. Sistem pendeteksi penebang liar ditempatkan pada pohon di lokasi yang akan dipantau.

2. Setiap *Node* dapat mendeteksi penebang liar pada radius 50 m.
3. Dan kemudian data hasil pembacaan tiap *Node* akan dikirimkan ke *IoT Gateway*.

## 2.4. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan menghidupkan gergaji mesin pada setiap arah sensor 1, sensor 2, sensor 3 dan sensor 4 dengan jarak 20 m, 30 m, 40 m dan 50 m dari alat pendeteksi penebang liar, seperti pada gambar 5.

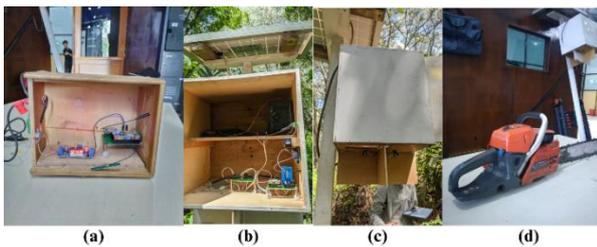


Gambar 5. Skema Pengujian Alat Pendeteksi Penebang Liar

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Hasil Implementasi Perangkat Keras

Hasil perancangan sistem pendeteksi penebang liar diuji menggunakan gergaji mesin dengan tipe Falcon FC-5880 PRO pada Bumi Perkemahan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Gambar berikut merupakan hasil implementasi perancangan sistem yang dilakukan.

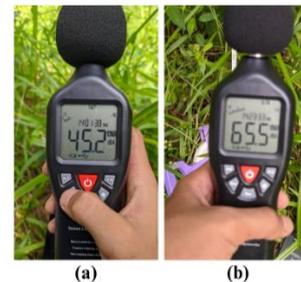


Gambar 6. (a) IoT Gateway (b) Node Sistem Pendeteksi Gergaji Mesin Tampak Depan (c) Posisi Sensor pada Node (d) Gergaji Mesin Tipe Falcon FC-5880 PRO

Gambar 6 (a) merupakan hasil implementasi dari rangkaian IoT Gateway. Sedangkan gambar 6 (b) dan 6 (c) merupakan hasil implementasi rancangan *hardware Node* pendeteksi suara gergaji mesin. Dan pada gambar 6 (c) terlihat posisi sensor dipasang mengarah pada empat sisi dan setiap sisi dipasang pembatas yang berfungsi untuk memaksimalkan tangkapan suara pada setiap sensor dan memudahkan dalam mengidentifikasi arah datangnya suara.

### 3.2. Menentukan Nilai Threshold Menggunakan Sound Level Meter

Pengukuran tingkat kebisingan untuk menentukan nilai *threshold* dilakukan dengan menggunakan *Sound Level Meter* [3]. Berikut adalah gambar pengukuran tingkat kebisingan menggunakan *Sound Level Meter*.



Gambar 7. (a) Tingkat Kebisingan Kondisi Normal (b) Tingkat Kebisingan Ketika Gergaji Mesin Dihidupkan

Nilai *threshold* ditetapkan dengan menganalisa nilai rata-rata tingkat kebisingan ketika tidak ada suara gergaji mesin dan ketika gergaji mesin dihidupkan. Dari pengujian yang dilakukan didapat bahwa rata-rata hasil pembacaan nilai tingkat kebisingan area ketika tidak ada suara gergaji mesin berkisar pada 46,2 dB. Sedangkan ketika gergaji mesin dihidupkan pada jarak 50 m dari *Sound Level Meter* nilai rata-rata tingkat kebisingan adalah 65,9 dB. Oleh karena itu pada penelitian ini nilai *threshold* diatur pada 60 dB.

### 3.3. Hasil Pengujian Sensor dan Status Pendeteksian Penebang Liar

Hasil pengujian pada arah sensor 1 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Gergaji Mesin Pada Arah Sensor 1

Sen 1 (dB)	Sen 2 (dB)	Sen3 (dB)	Sen 4 (dB)	Status	Jarak (m)	Ket
49	47	49	48	Aman	-	Berhasil
89	70	72	84	Bahaya	20	Berhasil
73	57	60	69	Bahaya	30	Berhasil
69	54	57	65	Bahaya	40	Berhasil
68	53	57	65	Bahaya	50	Berhasil

Pengujian pada arah sensor 1 dilakukan sebanyak 5 kali. Pada percobaan pertama saat kondisi normal, didapat tingkat kebisingan pada sensor 1 adalah 49 dB sehingga status pendeteksian "Aman". Pada percobaan selanjutnya, gergaji mesin dihidupkan pada variasi jarak 20 m, 30 m, 40 m dan 50 m dari sistem pendeteksi. Didapatkan nilai rata-rata tingkat kebisingan yang terdeteksi oleh sensor 1 adalah 89 dB, 73 dB, 69 dB dan 68 dB yang mana nilai tersebut telah melebihi nilai *threshold* yaitu lebih besar dari 60 dB sehingga status pendeteksian menjadi "Bahaya". Dapat disimpulkan bahwa percobaan pada arah sensor 1 ini

berhasil karena sistem yang dirancang berjalan sebagaimana mestinya.

Selanjutnya, pengujian dilakukan pada arah sensor 2 dengan prosedur yang serupa dengan pengujian pada sensor 1. Berikut adalah tabel hasil pengujian yang dilakukan.

Tabel 2. Pengujian Gergaji Mesin Pada Arah Sensor 2

Sen 1 (dB)	Sen 2 (dB)	Sen3 (dB)	Sen 4 (dB)	Status	Jarak (m)	Ket
49	47	48	47	Aman	-	Berhasil
77	85	80	80	Bahaya	20	Berhasil
62	68	66	66	Bahaya	30	Berhasil
58	64	60	62	Bahaya	40	Berhasil
56	59	57	60	Aman	50	Gagal

Pada kondisi normal nilai rata-rata tingkat kebisingan pada sensor 2 adalah 47 dB dan status pendeteksian "Aman". Saat kondisi gergaji mesin dinyalakan pada arah sensor 2 dengan variasi jarak 20 m, 30 m dan 40 m nilai rata-rata tingkat kebisingan yang terdeteksi oleh sensor 2 adalah 85 dB, 68 dB dan 64 dB sehingga status pendeteksian "Bahaya". Sedangkan pada percobaan kelima dengan jarak 50 m, nilai rata-rata tingkat kebisingan yang terdeteksi oleh sensor 2 adalah 59 dB yang mana nilai tersebut tidak mencapai nilai *threshold* yang ditetapkan sehingga status pendeteksian "Aman". Berdasarkan hasil pengujian pada sensor 2, dari 5 variasi jarak yang diujikan, pada variasi jarak 50 m sensor tidak mampu mendeteksi dengan sempurna. Hal tersebut disebabkan oleh hambatan yang ada pada lokasi pengujian yang berupa pohon dan hutan belukar. Untuk hasil pengujian pada arah sensor 3 dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Gergaji Mesin Pada Arah Sensor 3

Sen 1 (dB)	Sen 2 (dB)	Sen3 (dB)	Sen 4 (dB)	Status	Jarak (m)	Ket
48	46	48	48	Aman	-	Berhasil
71	71	97	80	Bahaya	20	Berhasil
61	60	80	75	Bahaya	30	Berhasil
55	53	71	68	Bahaya	40	Berhasil
55	52	65	65	Bahaya	50	Berhasil

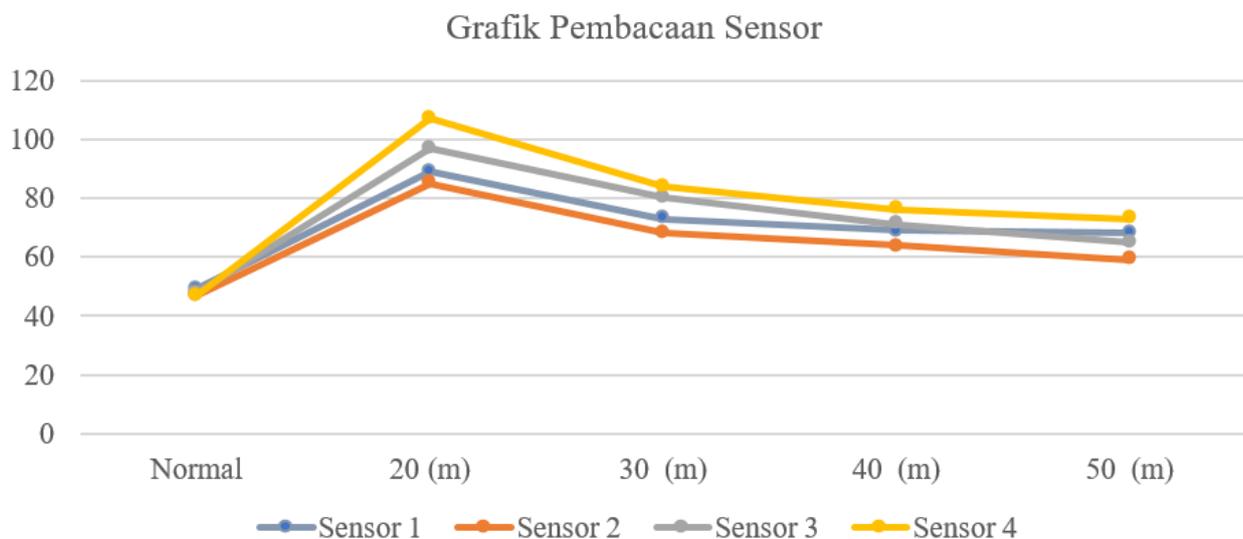
Nilai rata-rata tingkat kebisingan saat keadaan normal pada sensor 3 adalah 48 dB dan status pendeteksiannya "Aman". Sedangkan nilai rata-rata tingkat kebisingan yang terdeteksi oleh sensor 3, yakni saat gergaji mesin dihidupkan dengan variasi jarak 20 m, 30 m, 40 m dan 50 m adalah 97 dB, 80 dB, 71 dB dan 65 dB. Sehingga status pendeteksian pada sistem pendeteksi penebang liar menjadi "Bahaya".

Selanjutnya, pengujian dilakukan pada arah sensor 4. Adapun hasil pengujian seperti terlihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Gergaji Mesin Pada Arah Sensor 4

Sen 1 (dB)	Sen 2 (dB)	Sen3 (dB)	Sen 4 (dB)	Status	Jarak (m)	Ket
49	47	48	47	Aman	-	Berhasil
80	75	78	107	Bahaya	20	Berhasil
67	60	67	84	Bahaya	30	Berhasil
59	55	59	76	Bahaya	40	Berhasil
57	51	55	73	Bahaya	50	Berhasil

Pengujian keempat dilakukan untuk mengetahui pembacaan sensor 4 saat gergaji mesin dihidupkan pada arah sensor 4. Dari percobaan yang dilakukan sensor 4 mendeteksi kebisingan suara pada kondisi normal sebesar 47 dB dan status pendeteksiannya "aman". Sedangkan pada saat gergaji mesin dihidupkan dengan variasi jarak 20 m, 30 m 40 m dan 50 m. Sehingga status pendeteksian "Bahaya".



Gambar 8. Grafik Hasil Pembacaan Sensor Kondisi Normal dan Kondisi Mendeteksi Penebang Liar.

Grafik diatas menyajikan data setiap sensor saat dilakukan pengujian. Pada saat kondisi normal, selisih nilai pembacaan pada setiap sensor berkisar 1 dB hingga 2 dB. Sedangkan saat gergaji mesin dihidupkan pada jarak 20 m nilai selisih terkecil adalah 4 dB dan selisih terbesarnya adalah 22 dB.

Terdapat variasi nilai tingkat kebisingan pada setiap sensor walaupun pengujian dilakukan dengan prosedur pengujian yang sama. Hal tersebut dipengaruhi oleh hambatan yang berbeda pada setiap arah sensor seperti ketinggian hutan belukar dan banyaknya pohon. Sehingga, hambatan tersebut berpotensi mempengaruhi gelombang suara yang terdeteksi oleh masing-masing sensor.

### 3.4. Pengiriman Data Menggunakan Modul LoRa SX1278

Data yang dikirim dari *node* berupa data *String* yang dipisahkan oleh tanda koma (.). Hal tersebut bertujuan untuk memperkecil ukuran data yang dikirim menggunakan LoRa. Gambar berikut merupakan hasil penerimaan data yang dikirim oleh *node* menggunakan modul LoRa.

```
Received packet "48,47,50,54,1,1"
with RSSI -96
HTTP/1.1 200 OK

Date: Wed, 05 Apr 2023 08:27:34 GMT
Server: Apache/2.4.48 (Win64) OpenSSL/1.1.11 PHP/7.3.30
X-Powered-By: PHP/7.3.30
Content-Length: 50
Connection: close
Content-Type: text/html; charset=UTF-8
```

Gambar 9. Hasil Pengiriman Data Node ke IoT Gateway Menggunakan LoRa SX1278

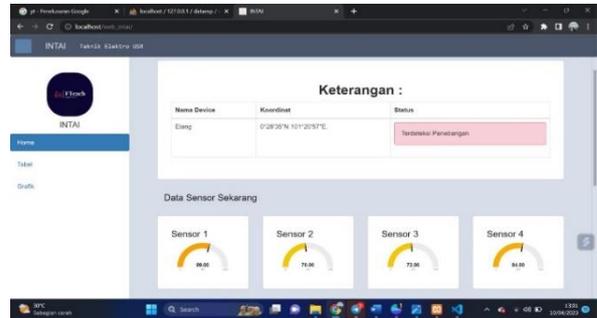
Pada gambar diatas *IoT Gateway* menerima data "48,47,50,54,1,1" yang dikirim oleh *node*. Data tersebut merupakan data sensor 1, sensor 2, sensor 3, sensor 4 dan status pendeteksian yang dinotasikan dalam bentuk angka yaitu 1 untuk kondisi "Aman" dan 2 untuk kondisi "Penebang Liar terdeteksi".

Setelah data diterima maka *IoT Gateway* mengirim data tersebut ke webserver untuk ditampilkan pada *website monitoring*. Pada gambar diatas terlihat bahwa pengiriman data ke webserver berhasil dilakukan sehingga data yang diterima oleh *IoT Gateway* akan otomatis tersimpan di *database website monitoring*.

### 3.5. Tampilan Website Monitoring Pendeteksi Penebang Liar

*Website monitoring* penebang liar akan menampilkan data yang diterima oleh *IoT Gateway* yaitu nilai tingkat kebisingan sensor 1, sensor 2, sensor 3, sensor 4 dan status

penebang liar seperti gambar diatas. Ketika sistem tidak mendeteksi penebang liar, maka kolom status akan berwarna biru dan menampilkan kondisi "Aman". Sedangkan ketika sistem mendeteksi penebang liar, maka kolom status akan berwarna merah muda dan kolom status akan berubah menjadi "Penebang Liar Terdeteksi".



Gambar 10. Tampilan Website Monitoring Kondisi Penebang Liar Terdeteksi.

### 3.6. Perhitungan Modul PLTS pada Alat

Untuk memberikan suplai kepada setiap komponen pada alat yang dirancang, digunakan panel surya dengan spesifikasi 20Wp dan baterai 12 V 7 Ah sebagai sumber energi listrik. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan, diketahui bahwa alat bekerja pada tegangan 12 V dan dengan arus beban rata-rata sebesar 0,4 A atau dalam artian lain membutuhkan daya 4,8 watt. Dari penjelasan pada penelitian [5], [24] dan [25] lama waktu pemakaian baterai PLTS dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$t_{pakai} = C / I - Deefisiensi \text{ baterai (20\%)} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:  
t = Waktu (jam)  
C = Kapasitas baterai (Ah)  
I = Arus beban (A)

Maka,

$$t_{pakai} = (7 \text{ Ah} / 0,4 \text{ A}) - (20\% \times (7 \text{ Ah} / 0,4 \text{ A}))$$

$$t_{pakai} = 17,5 \text{ jam} - 3,5 \text{ jam}$$

$$t_{pakai} = 14 \text{ jam}$$

Sehingga, lama waktu pemakaian baterai dari kondisi terisi penuh adalah 14 jam. Sedangkan lama waktu untuk melakukan pengisian ulang baterai menggunakan panel surya 20 WP dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [25]:

$$t_{pengisian} = C / (Wp \times efisiensi \text{ SCC } 80\%) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:  
t = Waktu (jam)  
C = Kapasitas baterai (Ah)  
WP = Daya puncak panel surya (Wp)

Maka,

$$t_{\text{pengisian}} = (12 \text{ V} \times 7 \text{ Ah}) / (20 \text{ Wp} \times 0,8)$$

$$t_{\text{pengisian}} = 84 / 16 = 5,25 \text{ jam}$$

Dengan demikian, lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengisian ulang baterai adalah 5 jam 25 menit. Sehingga pada siang hari panel surya akan mengisi baterai yang terhubung pada modul, dan pada malam hari kebutuhan listrik akan di suplay oleh baterai.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, disimpulkan bahwa sistem dapat mendeteksi suara gergaji mesin menggunakan 4 sensor suara MAX4466. Dan penggunaan 4 sensor suara dinilai menambah luas area pendeteksian hingga radius 50 m. Pada pengujian ini, sensor 2 mengalami kegagalan dalam mendeteksi suara gergaji mesin pada jarak 50 meter. Sedangkan sensor 1, sensor 3 dan sensor 4 berhasil mendeteksi suara gergaji mesin sesuai dengan yang diharapkan. Hal tersebut dikarenakan dan hambatan yang berbeda pada setiap arah sensor pada pengujian seperti ketinggian hutan belukar dan banyaknya pohon. Sehingga, hambatan tersebut berpotensi mempengaruhi gelombang suara yang terdeteksi oleh sensor.

Pengiriman data menggunakan LoRa SX1278 dapat menjadi opsi untuk permasalahan ketiadaan jaringa GSM dan internet di area hutan. Karena LoRa menggunakan frekuensi radio untuk mengirimkan data dari *Node* ke *IoT Gateway*. Kemudian, *IoT Gateway* akan mengirimkan data tersebut ke *webserver* dan menyimpannya dalam *database* untuk ditampilkan pada *website*.

#### Referensi

- [1] M. R. Hananto and T. H. Sitabuana, "IMPLEMENTASI PENCEGAHAN PADA PENEBAANGAN ATAU PEMBALAKAN LIAR DITINJAU DARI UNDANG-UNDANG PENCEGAHAN DAN PEMBERANTASAN PERUSAKAN HUTAN NO. 18 TAHUN 2013," *J. Huk. Adigma*, vol. 5, no. 18, pp. 1799–1811, 2022.
- [2] F. S. Dwiarti, U. T. Bawang, B. Huri, U. T. Bawang, and I. Logging, "PEMBERANTASAN TINDAK PIDANA ILLEGAL LOGGING MELALUI ERADICATION OF THE CRIME OF ILLEGAL LOGGING THROUGH," vol. 21, no. 1, pp. 25–36, 2023.
- [3] D. C. Prasetyo, G. A. Mutiara, and R. Handayani, "Chainsaw Sound and Vibration Detector System for Illegal Logging," *2018 Int. Conf. Control. Electron. Renew. Energy Commun. (ICCCEREC)*, Bandung, Indones., pp. 93–98, 2018, doi: 10.1109/ICCCEREC.2018.8712091.
- [4] R. R. Rachmadi, M. Huda, and R. Soelaiman, "Pendeteksian Illegal Logging Menggunakan Raspberry pi Dengan Metode Neural Network," *CITEE*, pp. 6–8, 2020.
- [5] I. P. A. R. Sayoga, N. Aini, I. P. G. S. A. Pranata, Z. Z. Noor, A. W. Kusuma Nata, and I. M. Suartika, "APPEL (Alat Pendeteksi Penebang Liar) Berbasis Raspberry PI Pada Hutan Lindung," *IPTEKMA Jurnal Mhs. Univ. Udayana*, vol. 8, no. 1, p. 11, 2019, doi: 10.24843/iptekma.2019.v08.i01.p02.
- [6] N. Ahada and A. F. Zuhri, "Menjaga Kelestarian Hutan Dan Sikap Cinta Lingkungan Bagi Peserta Didik Mi/Sd Di Indonesia," *El Banar J. Pendidik. dan Pengajaran*, vol. 3, no. 1, pp. 35–46, 2020, doi: 10.54125/elbanar.v3i1.43.
- [7] G. A. Mutiara, N. S. Herman, and O. Mohd, "Using long-range wireless sensor network to track the illegal cutting log," *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 19, pp. 1–17, 2020, doi: 10.3390/app10196992.
- [8] Adnan, A. E. U. Salam, A. Arifin, and M. Rizal, "Forest Fire Detection using LoRa Wireless Mesh Topology," *2018 2nd East Indones. Conf. Comput. Inf. Technol. (EIConCIT)*, Makassar, Indones. 2018, pp. 184–187, 2018, doi: 10.1109/EIConCIT.2018.8878488.
- [9] K. Basuki, A. Mursyid, A. Kurnain, and Suyanto, "Analisis Faktor Penyebab Dan Strategi Pencegahan Pembalakan Liar (Illegal Logging) Di Kabupaten Tabalong," *EnviroScienteeae*, vol. 9, pp. 27–43, 2013.
- [10] Kumparan, "Cara Mengatasi Penebangan Liar Hutan yang Kian Masif," *kumparan.com*, p. 1, 2020. [Online]. Available: <https://kumparan.com/berita-hari-ini/cara-mengatasi-penebangan-liar-hutan-yang-kian-masif-luhBuxTphoZ/full>
- [11] Pusiknas Bareskrim Polri, "Hutan Lindung di Riau Jadi Target Illegal Logging," *polri.go.id*, 2021. [https://pusiknas.polri.go.id/detail\\_artikel/hutan\\_lindung\\_di\\_riau\\_jadi\\_target\\_illegal\\_logging](https://pusiknas.polri.go.id/detail_artikel/hutan_lindung_di_riau_jadi_target_illegal_logging) (accessed Mar. 29, 2023).
- [12] P. Gede, P. Angga, Surya, S. Made, I. I. Wyan, and A. Wijaya, "Perancangan Alat Pendeteksi Penebang Liar Menggunakan Sensor Suara Berbasis IoT- Raspberry pi," *Spektrum*, vol. 8, no. 3, pp. 141–148, 2021.
- [13] M. A. Ertürk, M. A. Aydın, M. T. Büyükakkaşlar, and H. Evirgen, "A Survey on LoRaWAN Architecture, Protocol and Technologies," *Futur. Internet*, vol. 11, no. 10, p. 216, 2019, doi: 10.3390/fi11100216.
- [14] L. Kolobe, B. Sigweni, and C. K. Lebekwe, "Systematic literature survey: Applications of LoRa communication," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 10, no. 3, pp. 3176–3183, 2020, doi: 10.11591/ijece.v10i3.pp3176-3183.
- [15] EBay, "Micro SD Card Card Adapter Reader Module for Arduino," *Data Sheet*, pp. 1–2, 2013. [Online]. Available: [https://curtocircuito.com.br/datasheet/modulo/cartao\\_mi\\_cro\\_SD.pdf](https://curtocircuito.com.br/datasheet/modulo/cartao_mi_cro_SD.pdf)
- [16] A. A. Ruslan, S. M. Salleh, S. F. W. M. Hatta, and A. A. B. Sajak, "IoT Soil Monitoring based on LoRa Module for Oil Palm Plantation," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 12, no. 5, pp. 215–220, 2021, doi: 10.14569/IJACSA.2021.0120527.
- [17] R. Vega-Rodriguez, S. Sendra, J. Lloret, P. Romero-Diaz, and J. Luis Garcia-Navas, "Low Cost LoRa based Network for Forest Fire Detection," *2019 Sixth Int. Conf. Internet Things Syst. Manag. Secur. (IOTSMS)*, Granada, Spain, 2019, pp. 177–184, 2019, doi: 10.1109/IOTSMS48152.2019.8939193.

- [18] Maxim, "Low-Cost, Micropower, SC70/SOT23-8, Microphone Preamplifiers with Complete Shutdown," *Exposure*. pp. 1–14, 1950. [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/73367/MAXIM/MAX4466.html>
- [19] E. Systems, "ESP32 Series Datasheet," *Espressif Systems*. pp. 1–65, 2021. [Online]. Available: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentat/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentat/esp32_datasheet_en.pdf)
- [20] Semtech, "Sx1276/77/78," no. July. p. 2012, 2012. [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/800241/SEMTECH/SX1278.html>
- [21] R. N. Sayaifah, B. S. Nugroho, and B. Aditya, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebisingan di Perpustakaan Berbasis Mikrokontroler Esp32 Notifikasi Whatsapp," *e-Proceeding Eng. Bandung, Indones.*, vol. 8, no. 6, pp. 3821–3827, 2022.
- [22] A. Yanziah, S. Soim, and M. M. Rose, "Analisis Jarak Jangkauan Lora Dengan Parameter Rssi Dan Packet Loss Pada Area Urban," *J. Teknol. Technoscientia*, vol. 13, no. 1, pp. 27–34, 2020.
- [23] S. Unzila and K. S. Oktavia, "Aplikasi Sensor Suhu Tubuh (Mlx90614) Dan Sensor Suara Pada Kamera Pemantau Kamar Bayi Berbasis Mikrokontroler," *Bina Darma Conf. Eng. Sci. Palembang, Indones.*, pp. 154–166, 2020.
- [24] A. Setyawan and A. Ulinuha, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Untuk Supply Charge Station," *Transm. J. Ilm. Tek. ELEKTRO*, vol. 24, no. 1, pp. 23–28, 2022, doi: 10.14710/transmisi.24.1.23-28.
- [25] G. Triyani *et al.*, "Rancang Bangun Alat Penyemprot Herbisida (Knapsack Sprayer) Elektrik Berbasis Panel Surya 20 Wp Paralel," *Epsil. J. Electr. Eng. Inf. Technol.*, vol. 20, no. 2, pp. 150–161, 2022, doi: 10.55893/epsilon.v20i2.97.