



# Implementasi LoRa Multi-Hop Pada Monitoring Angin Kencang Berbasis *Internet of Things*

Brayen Frengki Dinata\*, Syamsul Bahri, Hirzen Hasfani

Universitas Tanjungpura Pontianak

**Abstrak:** Angin kencang adalah fenomena cuaca ekstrem dengan kecepatan di atas 45 km/jam. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring angin berbasis IoT dengan teknologi LoRa Multi-Hop untuk memperluas jangkauan. Sistem terdiri dari transmitter, repeater, dan gateway yang meneruskan data ke server. Hasil uji menunjukkan jangkauan maksimal 180 meter. Nilai RSSI pada 140–160 meter masih kategori sedang TIHPON, namun pada 180 meter turun ke kategori buruk TIHPON. Rata-rata delay meningkat dari 177,3 ms kategori bagus TIHPON hingga 573,167 ms kategori buruk TIHPON, sedangkan jitter dari 145,983 kategori buruk TIHPON ms hingga 450,9 ms kategori buruk TIHPON. Hasil ini menunjukkan peningkatan jarak membuat kualitas nilai jaringan menurun.

**Kata Kunci:** Angin Kencang, LoRa Multi-Hop, RSSI, Delay, Jitter

DOI:

<https://doi.org/10.53697/jkomitek.v5i2.2963>

\*Correspondence: Brayen Frengki Dinata

Email: [h1051201019@student.untan.ac.id](mailto:h1051201019@student.untan.ac.id)

Received: 21-10-2025

Accepted: 10-11-2025

Published: 12-12-2025



**Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** Strong wind is an extreme weather phenomenon with speeds above 45 km/h. This study developed a wind monitoring system based on IoT using LoRa Multi-Hop technology to extend coverage. The system consists of a transmitter, repeater, and gateway that forwards data to the server. Test results show the maximum range is 180 meters. RSSI values at 140–160 meters fall into the medium category according to TIPHON, but at 180 meters drop into the poor category according to TIPHON. The average delay increased from 177.3 ms (good category, TIPHON) to 573.167 ms (poor category, TIPHON), while jitter rose from 145.983 ms (poor category, TIPHON) to 450.9 ms (poor category, TIPHON). These results indicate that increasing distance causes a decline in network quality values.

**Keywords:** Strong Winds, LoRa Multi-Hop, RSSI, Delay, Jitter

## Pendahuluan

Angin kencang merupakan fenomena cuaca ekstrem dengan kecepatan diatas 45 km/jam (Elegant dkk., 2024). Sistem ini memerlukan komunikasi data jarak jauh yang tetap dapat beroperasi diwilayah dengan keterbatasan jaringan. Teknologi LoRa (Long Range) menjadi solusi komunikasi jarak jauh yang dengan keterbatasan jaringan. LoRa beroperasi pada frekuensi ISM, dengan rentang frekuensi dibawah 1 GHz, yaitu 433 MHz, 868 MHz dan 915 MHz (Ridwan dkk., 2025). modul LoRa single-hop terdiri dari dua bagian yaitu, transmitter dan gateway. Namun LoRa single-hop memiliki keterbatasan jarak jangkauan komunikasi (Herawati Tita dkk., 2018).

Penelitian ini bertujuan merepakan pendekatan multi-hop untuk memperluas jangkauan komunikasi. LoRa multi-hop mengirim data dengan sistem berjenjang melalui node repeater untuk memperluas jangkauan komunikasi. Melalui penerapan mekanisme multi-hop, pengiriman data dilakukan dengan melewati satu atau lebih node repeater sebelum mencapai gateway, cara ini membuat jarak komunikasi menjadi lebih jauh (Astarina dkk., 2024). Cara kerja Multi-Hop dengan cara meneruskan paket data berdasarkan nilai TTL (*Time To Live*) yang telah ditentukan oleh pengirim (Saputra dkk., 2025).

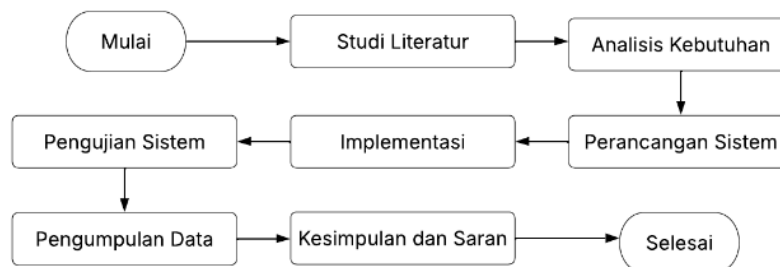
Selain jangkauan, tantangan lain dalam monitoring angin kencang ini adalah *delay* (keterlambatan pengiriman data), *jitter* (variasi delay) dan RSSI (*Received Signal Strength Indicatt*). *Delay* adalah jeda waktu yang dibutuhkan oleh data untuk berpindah dari sumber ke tujuan. *Jitter* adalah ketidakaturan dalam waktu kedatangan data. RSSI adalah parameter yang digunakan untuk menunjukkan kekuatan sinyal yang diterima.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan komunikasi LoRa multi-hop menggunakan teknik pencegah transmisi berulang dan penundaan acak, Penelitian ini berhasil menurunkan *packet loss* dari 54% menjadi 18% (Arief dkk., 2020). Penelitian lain melihat pengaruh spreading fackor terhadap jangkauan dan kualitas LoRa (Pebrian, 2025). Penelitian lain mengembangkan sistem monitoring pemantauan angin menggunakan anemometer dan bme280 (Gustami dkk., 2024).

Berdasarkan latar belakang dan penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian dengan judul “Impelementasi LoRa Multi-Hop Pada Sistem Monitoring Angin Kencang Berbasis IoT”. Untuk memperluas jangkauan komunikasi, *delay*, *jitter* dan RSSI.

**Metode**

Dalam membangun Sistem Monitoring Angin kencang Berbasis Internet of Things, ada serangkaian tahap yang dilakakukan yaitu studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengambilan data, kesimpulan dan saran. Tahapan dilakukan agar pembuatan sistem ini dapat berjalan dengan baik dan sesuai harapan. Adapun diagram metode dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Metode

1. Studi Literatur

Pada tahap ini penulis mencari informasi dari buku, jurnal, dan data teknis terkait LoRa, *delay*, *jitter* dan RSSI.

2. Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini penulis melakukan identifikasi kebutuhan untuk sistem yang dibangun. Analisis dibagi menjadi dua bagian, yaitu kebutuhan perangkat keras dan

kebutuhan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari modul LoRa Sx1278 Ra 02, sensor anemometer dan nodemcu esp32, dan perangkat lunak terdiri dari arduino ide, MySQL, dan laravel. Tujuan dari analisis ini adalah memastikan semua komponen dapat saling terhubung dan dapat berfungsi dengan optimal.

3. Perancangan Sistem

Perancangan sistem adalah proses keseluruhan struktur kerja dan alur kerja sistem, baik dari sisi perangkat keras dan perangkat lunak.

4. Implementasi

Implementasi merupakan tahapan pelaksanaan sistem yang dirancangan. Sistem perangkat keras dibagi menjadi tiga bagian yaitu: LoRa transmitter, LoRa repeater dan LoRa gateway.

5. Pengujian Sistem

Pada tahap ini, pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performansi komunikasi data. Pengujian berfokus pada tiga aspek yaitu pengukuran nilai delay, jitter, rssi dan jarak jangkauan maksimal transmisi data.

6. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada pengujian meliputi, perhitungan nilai delay, jitter, rssi pada jarak total 140 meter, jarak total 160 meter dan jarak total 180 meter. Data yang diuji bertotal 60 data, dengan lama pengujian 5 menit perjarak. Data yang diambil pada pengujian sebanyak 30 data.

7. Kesimpulan dan saran

Kesimpulan disusun untuk menjawab permasalahan yang terjadi pada latar belakang, berdasarkan hasil analisis pada pengujian. Selain itu disampaikan saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut.

Adapun pada pengujian digunakan rumus yang diadaptasi dari penelitian terdahulu, untuk mengukur nilai delay, jitter, rssi untuk menentukan jarak jangkauan maksimal transmisi data.

*Delay* mengacu pada jeda waktu yang diterima selama proses pengiriman data dari sumber ke tujuan (Hasbi & Saputra, 2021). Delay diukur dalam satuan miliseconds (ms) (Ar-raniry dkk., 2023). Persamaan perhitungan rata-rata delay dapat di lihat pada Persamaan 1 (yanto, 2013).

$$Rata - Rata Delay = \frac{Total Delay}{Total Paket} \tag{1}$$

Adapun standar ukut karakteristik *delay* menurut TIPHON dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Standar *Delay* Menurut TIHPON

Kategori	Besar <i>Delay</i> ms)
Sangat Bagus	<150
Bagus	150 s/d 300
Sedang	300 s/d 450
Buruk	>450

Sumber: TIPHON

*Jitter* adalah variasi pada jeda kedatangan paket data di jaringan, dimana waktu antar paket tidak selalu stabil (Hasbi & Saputra, 2021). *Jitter* diukur dalam satuan miliseconds (ms) (Ar-raniry dkk., 2023). Persamaan perhitungan *Jitter* dapat dilihat pada Persamaan 2 (yanto, 2013), dan variasi *delay* dapat dilihat pada Persamaan 3 (Suta Adji & Nurwasito, 2022).

$$Jitter = \frac{Total\ Variasi\ Delay}{Total\ Paket\ Yang\ Diterima - 1} \tag{2}$$

$$(Variasi\ Delay = (Delay\ n - Delay\ (n - 1)) \tag{3}$$

Adapun standar ukut karakteristik *jitter* menurut TIPHON dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Standar Jitter Menurut TIPHON

Kategori	Besar <i>Jitter</i> ms)
Sangat Bagus	0
Bagus	<0 s/d 75
Sedang	<75 s/d 125
Buruk	<125 s/d 225

Sumber: TIHPON

RSSI menunjukkan kekuatan sinyal yang diterima setelah perhitungan kehilangan pada antena atau kabel. RSSI diukur dengan satuan dBm (Badriansyah dkk., 2021). Persamaan perhitungan RSSI dapat dilihat pada Persamaan 4.

$$RSSI(d) = Pt(d0) - PL(d0) - 10np.log10(\frac{d}{d0}) + X\sigma \tag{4}$$

Adapun standar ukut karakteristik RSSI menurut TIPHON dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Standar RSSI menurut TIPHON

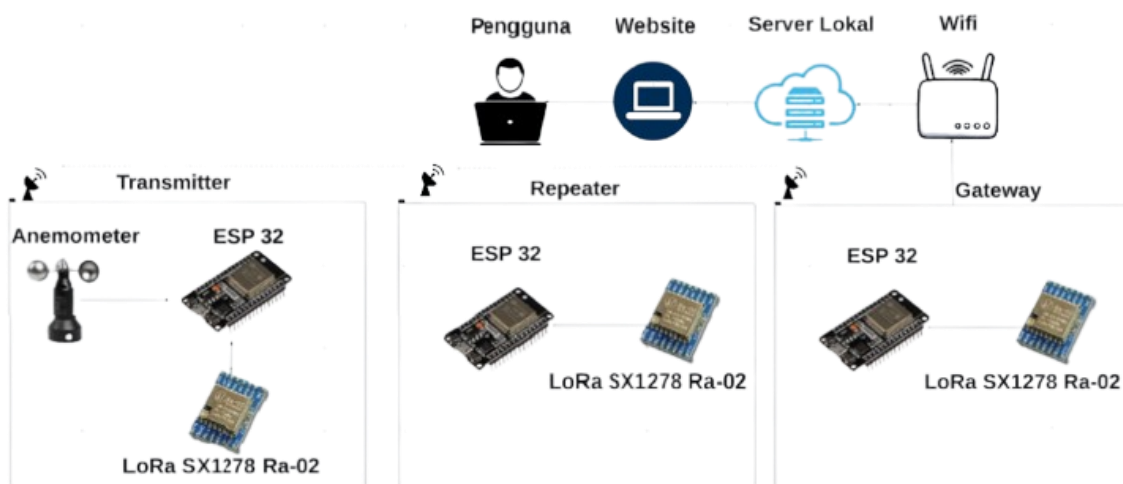
Kategori	Besar Delay ms)
Sangat Bagus	> -70
Bagus	-70 /d -85
Sedang	-86 s/d -100
Buruk	<-100

Sumber: TIPHON

### Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan proses keseluruhan struktur dan alur kerja sistem, baik dari sisi perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan ini mencakup tiga bagian, yaitu arsitektur sistem perancangan perangkat keras dan diagram alir sistem.

Perancangan sistem yang pertama adalah arsitektur sistem. Arsitektur sistem merupakan gambaran menyeluruh tentang bagaimana komponen-komponen utama saling terhubung dan berfungsi dalam sistem monitoring angin kencang berbasis LoRa Multi-Hop. Arsitektur ini dirancang untuk memastikan alur komunikasi data berjalan dengan baik dari sensor hingga ke sistem pemantauan berbasis website. Sistem terdiri dari tiga bagian utama, yaitu LoRa transmitter, LoRa perantara, dan LoRa gateway. LoRa Transmitter berfungsi sebagai pengirim data awal dari sensor anemometer. Data kemudian diteruskan ke LoRa Perantara, yang berfungsi sebagai penguat jangkauan dan penghubung antar node. Selanjutnya, data dikirim ke LoRa Gateway, yang kemudian meneruskannya ke server. Data yang telah tersimpan di server akan ditampilkan secara real-time melalui website monitoring, dan dapat diakses oleh pengguna kapanpun dan dimana pun. Adapun perancangan arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



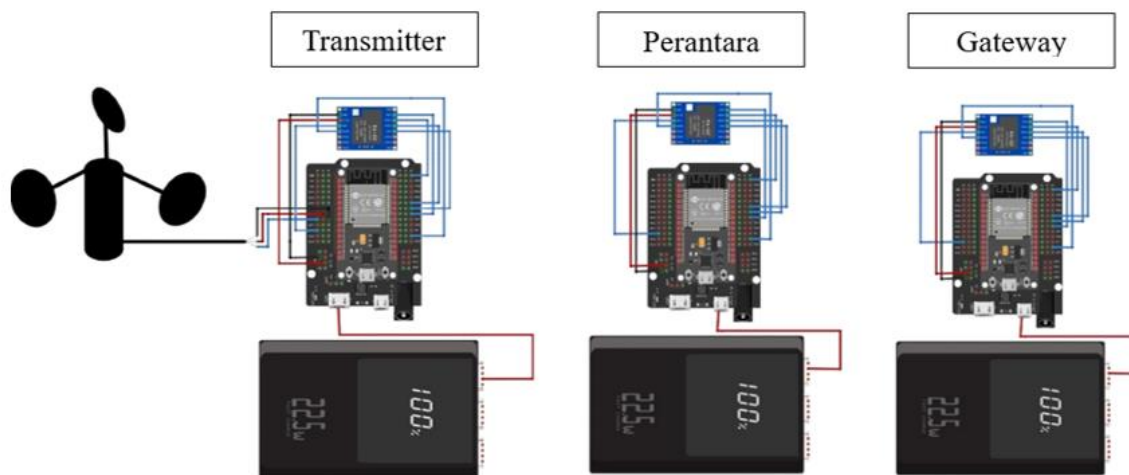
Gambar 2. Perancangan Arsitektur Sistem

Perancangan sistem yang kedua adalah perancangan perangkat keras pada implementasi sistem pemantauan angin kencang berbasis LoRa Multi-Hop. Sistem ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu transmitter, node perantara, dan gateway, yang masing-masing memiliki peran penting dalam mengirim, meneruskan, dan mengirimkan data ke server.

Rancangan perangkat dimulai dari LoRa Transmitter yang bertugas sebagai pengirim data awal. Pada bagian ini, mikrokontroler ESP32 digunakan untuk membaca dan memproses data dari sensor anemometer. Data hasil pembacaan tersebut kemudian dikirimkan melalui modul LoRa SX1278 menggunakan frekuensi 433 MHz menuju perantara.

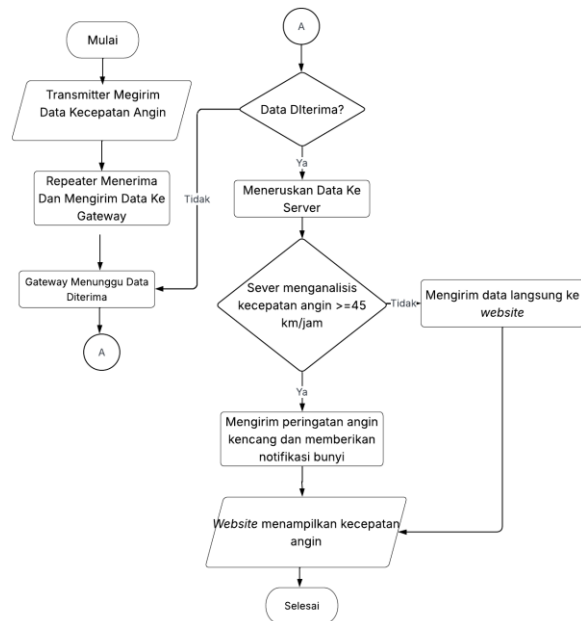
Selanjutnya, perangkat LoRa Perantara berperan sebagai node tengah yang menerima data dari transmitter dan meneruskannya ke perangkat LoRa Gateway. Perangkat ini juga menggunakan mikrokontroler ESP32 dan modul LoRa SX1278 untuk menerima dan mengirim ulang data. Perangkat ini menggunakan power bank berkapasitas 10.000 mAh sebagai sumber energi utamanya.

Terakhir, perangkat LoRa Gateway berfungsi sebagai penerima akhir data sebelum dikirim ke server. Perangkat ini menerima data dari node perantara melalui LoRa dan kemudian mengirimkan data tersebut ke server menggunakan koneksi internet berbasis protokol HTTP. Mikrokontroler ESP32 digunakan untuk menangani proses pengolahan dan komunikasi data, sedangkan modul LoRa SX1278 tetap digunakan untuk komunikasi antar node. Seperti halnya perangkat perantara, perangkat gateway ini juga disuplai oleh power bank berkapasitas 10.000 mAh sebagai sumber daya utama agar dapat beroperasi secara portabel di luar ruangan. Perancangan keseluruhan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan Seluruh Perangkat Keras

Tahap ketiga, perancangan perangkat lunak sistem. Perangkat lunak sistem dimulai dari inialisasi seluruh perangkat, yaitu transmitter, perantara, dan gateway. Masing-masing perangkat diatur agar dapat saling terhubung sesuai fungsi. Setelah inialisasi selesai, transmitter mulai membaca data dari sensor kecepatan angin (anemometer). Data yang terbaca akan diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan ke perangkat perantara melalui komunikasi LoRa. Perangkat perantara berfungsi sebagai node tengah yang menerima data dari transmitter dan kemudian meneruskan data tersebut ke perangkat gateway. Di sisi gateway, data yang masuk akan diproses dan dicek apakah telah diterima dengan baik. Jika data diterima, gateway akan meneruskan data ke server melalui koneksi internet menggunakan protokol HTTP. Data ini kemudian dianalisis oleh server, khususnya untuk memeriksa apakah kecepatan angin yang dikirimkan melebihi atau sama dengan 30 km/jam. Jika ya, maka sistem secara otomatis akan mengaktifkan notifikasi peringatan angin kencang dan memberikan bunyi peringatan. Selanjutnya, website akan menampilkan data kecepatan angin. Informasi ini dapat diakses oleh pengguna secara real-time melalui perangkat yang terhubung ke internet. Jika nilai kecepatan angin tidak melebihi 30 km/jam, maka server hanya mengirimkan data tersebut ke website. Diagram alir sistem perangkat monitoring yang menunjukkan alur mulai dari penerimaan data LoRa, pemrosesan, hingga pengiriman ke server, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem

### Implementasi

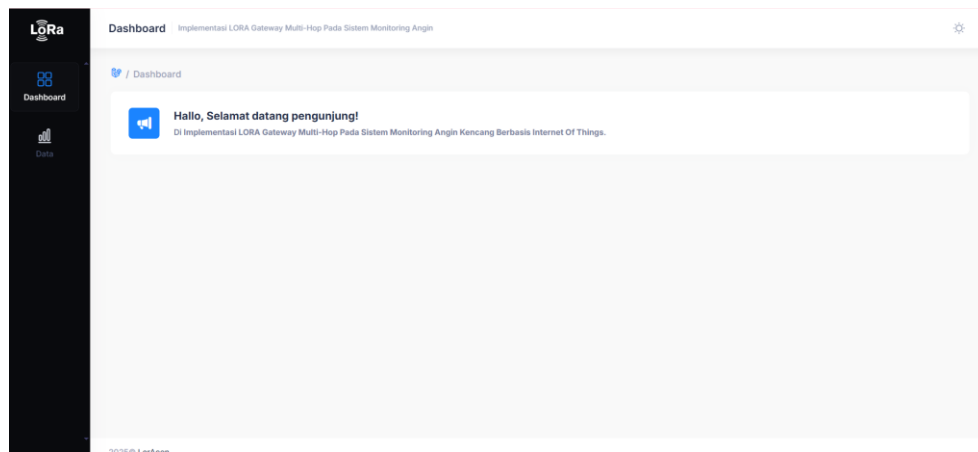
Implementasi perangkat keras merupakan tahapan dalam pelaksanaan sistem yang dirancang sebelumnya. Implementasi ini mencakup beberapa komponen yang telah dirancang. Sistem perangkat keras tersebut terbagi menjadi tiga bagian, yaitu: perangkat LoRa transmitter, perangkat LoRa perantara, dan perangkat LoRa gateway. Adapun gambar implemtasi perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Impelementasi Perangkat Keras

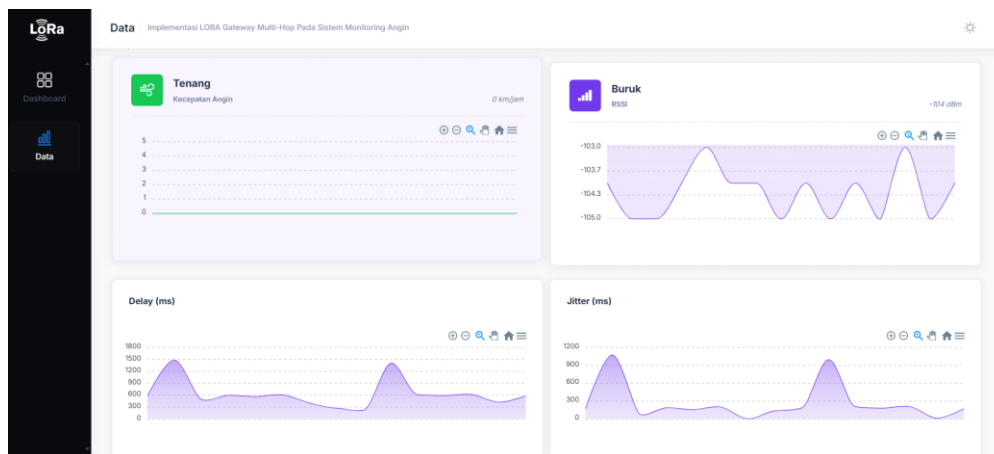
Implementasi perangkat lunak merupakan tahapan dalam pelaksanaan sistem yang dirancang sebelumnya. Implementasi ini mencakup pembuatan antar muka dashoard dan halaman data.

Halaman dashboard merupakan halaman utama yang muncul saat pengguna pertama kali mengakses sistem monitoring angin kencang berbasis web. Pada halaman ini ditampilkan pesan sambutan kepada pengguna berupa kalimat "Hallo, Selamat datang pengunjung!". Implementasi tampilan dashboard dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Implementasi Halaman Dashboard

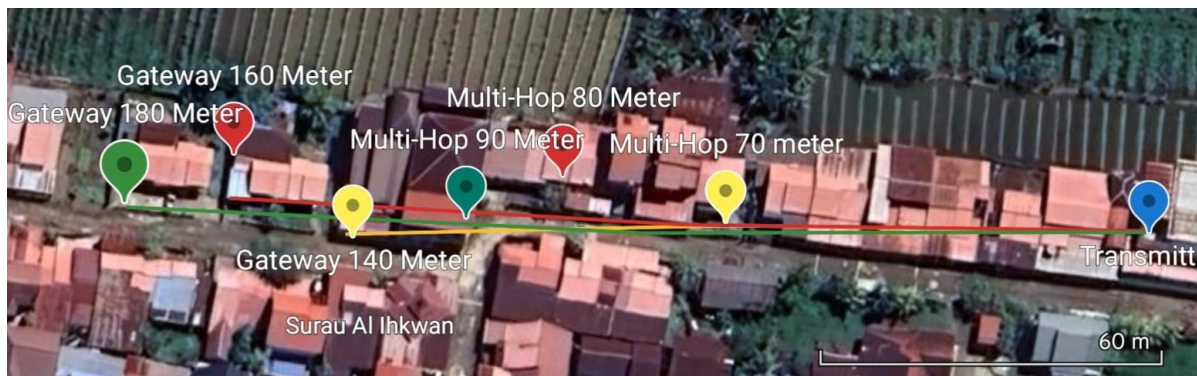
Halaman Data merupakan bagian dari sistem monitoring angin kencang yang berfungsi untuk menampilkan hasil pembacaan sensor secara real-time dalam bentuk informasi visual. Data yang ditampilkan pada halaman ini berasal dari perangkat transmitter yang dikirim melalui sistem komunikasi LoRa Multi-Hop dan diterima oleh gateway untuk diteruskan ke server. Di bagian atas halaman, terdapat informasi kecepatan angin rrsi, Delay dan Jitter. Di bagian bawah halaman, terdapat informasi grafik dan table data sensor. Adapun tampilan halaman data dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Implementasi Halaman Data

### Pengujian Sistem

Pada tahap ini, pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performansi komunikasi data. Pengujian berfokus pada tiga aspek yaitu pengukuran nilai delay, jitter, rssi dan jarak jangkauan maksimal transmisi data. Pengujian dilakukan pada jarak total 140 meter, jarak total 160 meter dan jarak total 180 meter. Pengujian dilakukan dari transmitter sampai gateway. Adapun tampilan pengujian jarak dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengujian Jarak Jangkauan

## Hasil Dan Pembahasan Pengujian RSSI

Tabel 4. Pengujian RSSI Pada Setiap Jarak

No	RSSI Pada Jarak 140 Meter (dBm)	RSSI Pada Jarak 160 Meter (dBm)	RSSI Pada Jarak 180 Meter (dBm)	RSSI Pada Jarak 200 Meter (dBm)
1	-94	-101	-103	Tidak Berhasil
2	-95	-101	-102	Tidak Berhasil
3	-93	-99	-103	Tidak Berhasil
4	-90	-100	-104	Tidak Berhasil
5	-92	-100	-102	Tidak Berhasil
6	-98	-100	-103	Tidak Berhasil
7	-100	-99	-102	Tidak Berhasil
8	-99	-100	-102	Tidak Berhasil
9	-99	-99	-102	Tidak Berhasil
10	-97	-100	-104	Tidak Berhasil
11	-98	-99	-102	Tidak Berhasil
12	-99	-101	-102	Tidak Berhasil
13	-99	-99	-103	Tidak Berhasil
14	-98	-99	-104	Tidak Berhasil
15	-99	-100	-102	Tidak Berhasil
16	-99	-100	-102	Tidak Berhasil
17	-99	-100	-103	Tidak Berhasil
18	-98	-101	-102	Tidak Berhasil
19	-100	-99	-104	Tidak Berhasil
20	-99	-101	-103	Tidak Berhasil
21	-99	-100	-103	Tidak Berhasil
22	-99	-100	-104	Tidak Berhasil

No	RSSI Pada Jarak 140 Meter (dBm)	RSSI Pada Jarak 160 Meter (dBm)	RSSI Pada Jarak 180 Meter (dBm)	RSSI Pada Jarak 200 Meter (dBm)
23	-99	-100	-104	Tidak Berhasil
24	-99	-101	-102	Tidak Berhasil
25	-98	-101	-103	Tidak Berhasil
26	-100	-100	-104	Tidak Berhasil
27	-99	-101	-102	Tidak Berhasil
28	-99	-100	-102	Tidak Berhasil
29	-98	-102	-102	Tidak Berhasil
30	-99	-100	-101	Tidak Berhasil

Berdasarkan Tabel 4, pada jarak 140 meter nilai RSSI berada pada -92 hingga -100 dBm berdasarkan standar THOPON masuk kategori bagus. Pada jarak 160 meter nilai RSSI berada -99 hingga -102 berdasarkan standar THOPON masuk kategori buruk. Pada jarak 180 meter nilai RSSI berada pada -101 hingga -104 dBm berdasarkan standar THOPON masuk kategori buruk. Dengan penerapan metode LoRa Multi-Hop, seluruh data yang dikirim berhasil diterima oleh gateway. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan node Repeater pada topologi Multi-Hop mampu memperluas jangkauan komunikasi LoRa sehingga pengiriman data tetap dapat dilakukan meskipun jarak bertambah. Pada pengujian jarak 200 meter tidak ada satu pun data yang berhasil diterima gateway. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan Multi-Hop memiliki jarak jangkauan maksimal pada jarak 180 meter dengan total berhasil seluruh data yang di kirim kan dari transmitter hingga sampai ke *website* monitoring angin kencang.

### Pengujian Delay

Tabel 5. Pengujian Delay Pada Setiap Jarak

No	Delay Pada Jarak 140 Meter (cm)	Delay Pada Jarak 160 Meter (cm)	Delay Pada Jarak 180 Meter (cm)	Delay Pada Jarak 200 Meter (cm)
1	448	762	124	Tidak Berhasil
2	56	353	853	Tidak Berhasil
3	260	287	232	Tidak Berhasil
4	211	823	628	Tidak Berhasil
5	400	514	1010	Tidak Berhasil
6	421	258	141	Tidak Berhasil
7	956	802	153	Tidak Berhasil
8	235	650	453	Tidak Berhasil
9	0	726	817	Tidak Berhasil
10	373	161	1785	Tidak Berhasil

---

No	Delay Pada Jarak 140 Meter (cm)	Delay Pada Jarak 160 Meter (cm)	Delay Pada Jarak 180 Meter (cm)	Delay Pada Jarak 200 Meter (cm)
11	120	196	3989	Tidak Berhasil
12	296	212	982	Tidak Berhasil
13	879	119	332	Tidak Berhasil
14	919	887	2268	Tidak Berhasil
15	271	260	515	Tidak Berhasil
16	619	832	667	Tidak Berhasil
17	357	108	1268	Tidak Berhasil
18	253	185	251	Tidak Berhasil
19	196	141	892	Tidak Berhasil
20	378	326	387	Tidak Berhasil
21	931	844	474	Tidak Berhasil
22	13	874	247	Tidak Berhasil
23	43	590	296	Tidak Berhasil
24	169	105	546	Tidak Berhasil
25	23	793	458	Tidak Berhasil
26	759	69	5564	Tidak Berhasil
27	828	504	3765	Tidak Berhasil
28	160	327	3487	Tidak Berhasil
29	39	897	1182	Tidak Berhasil
30	25	727	624	Tidak Berhasil

---

Berdasarkan Tabel 5, pengujian dilakukan dengan interval waktu 5 detik selama 5 menit, dengan total data diterima 60 data, pada pengujian di ambil 30 data. Pada jarak 140 meter nilai rata-rata *delay* adalah 177,3 ms berdasarkan standar TIHPON masuk kategori bagus. Pada jarak 160 meter nilai rata-rata *delay* adalah 238,865 ms berdasarkan standar TIHPON masuk kategori bagus. Pada jarak 180 meter nilai rata-rata *delay* adalah 573,167 ms berdasarkan standar TIHPON masuk kategori buruk. Pada pengujian jarak 200 meter tidak ada satu pun data yang berhasil diterima gateway. Nilai rata-rata *delay* naik seiring dengan jarak yang bertambah.

**Pengujian Jitter****Tabel 6.** Pengujian Jitter pada Setiap Jarak

No	Jitter Pada Jarak 140 Meter (cm)	Jitter Pada Jarak 160 Meter (cm)	Jitter Pada Jarak 180 Meter (cm)	Jitter Pada Jarak 200 Meter (cm)
1	0	0	0	Tidak Berhasil
2	392	409	729	Tidak Berhasil
3	204	66	621	Tidak Berhasil
4	49	536	396	Tidak Berhasil
5	189	309	382	Tidak Berhasil
6	21	256	869	Tidak Berhasil
7	538	544	12	Tidak Berhasil
8	724	152	300	Tidak Berhasil
9	235	76	364	Tidak Berhasil
10	373	565	968	Tidak Berhasil
11	253	35	2204	Tidak Berhasil
12	176	16	3007	Tidak Berhasil
13	583	93	650	Tidak Berhasil
14	40	768	1936	Tidak Berhasil
15	648	627	1753	Tidak Berhasil
16	348	572	162	Tidak Berhasil
17	262	724	591	Tidak Berhasil
18	104	77	617	Tidak Berhasil
19	57	44	241	Tidak Berhasil
20	182	185	505	Tidak Berhasil
21	553	518	87	Tidak Berhasil
22	918	30	227	Tidak Berhasil
23	30	284	49	Tidak Berhasil
24	126	485	250	Tidak Berhasil
25	146	688	88	Tidak Berhasil
26	736	724	5106	Tidak Berhasil
27	69	435	1799	Tidak Berhasil
28	668	177	278	Tidak Berhasil
29	121	570	2305	Tidak Berhasil
30	14	170	558	Tidak Berhasil

Berdasarkan Tabel 6, Pengujian dilakukan dengan interval waktu 5 detik selama 5 menit, dengan total data diterima 60 data, pada pengujian di ambil 30 data. Pada jarak 140 meter nilai rata-rata *jitter* adalah 145,983 ms berdasarkan standar TIHPON masuk kategori buruk. Pada jarak 160 meter nilai rata-rata *jitter* adalah 168,917 ms berdasarkan standar TIHPON masuk kategori buruk. Pada jarak 180 meter nilai rata-rata *jitter* adalah 450,9 ms berdasarkan standar TIHPON masuk kategori buruk. Nilai rata-rata *jitter* naik seiring dengan jarak yang bertambah.

## Simpulan

Penerapan sistem LoRa Multi-Hop mampu memperluas jangkauan komunikasi hingga 180 meter tanpa ada satu datapun yang hilang. Nilai RSSI menurun seiring bertambahnya jarak, di mana pada jarak 140 meter berada pada -92 hingga -100 dBm yang menurut standar TIPHON termasuk kategori sedang, turun menjadi -99 hingga -102 dBm pada jarak 160 meter kategori buruk menurut TIPHON, dan menurun lagi menjadi -101 dBm hingga -104 dBm pada jarak 180 meter yang menurut standar TIPHON termasuk kategori buruk. Pada pengujian dengan jarak 200 meter, tidak ada data yang berhasil diterima oleh gateway, yang menunjukkan bahwa jarak tersebut telah melebihi batas jangkauan optimal dari sistem LoRa Multi-Hop dalam kondisi lingkungan pengujian. *Delay* dan *jitter* meningkat seiring bertambahnya jarak. Pada jarak 140 meter, rata-rata *delay* berada pada 177,3 ms kategori bagus menurut TIPHON dan *jitter* 145,983 ms kategori buruk menurut TIPHON. Pada jarak 160 meter, rata-rata *delay* naik ke 238,866 ms kategori bagus menurut TIPHON dan *jitter* 168,917 ms kategori buruk menurut TIPHON, sedangkan pada jarak 180 meter rata-rata *delay* mencapai 573,167 ms (kategori buruk menurut TIPHON) dan *jitter* 450,9 ms (kategori buruk menurut TIPHON). Penggunaan multi-hop mempengaruhi nilai *delay*, *jitter* dan RSSI dengan menambah jarak jangkauan transmisi pengiriman data.

## Referensi

- Ahmar, A.U.H. (2022). Smart-Hop: Low-Latency Multi-hop Networking for LoRa. *Proceedings 18th Annual International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems Dcoss 2022*, 17-20, <https://doi.org/10.1109/DCOSS54816.2022.00014>
- Álamos, J. (2022). DSME-LoRa: Seamless Long-range Communication between Arbitrary Nodes in the Constrained IoT. *ACM Transactions on Sensor Networks*, 18(4), ISSN 1550-4859, <https://doi.org/10.1145/3552432>
- Arief, Z., Hari Trisnawan, P., & Basuki, A. (2020). Implementasi Komunikasi Multi-Hop Menggunakan Metode Controlled Flooding Pada Wireless Sensor Network Berbasis LoRa. 4(7), 2154–2162. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Ar-raniry, U. I. N., Tarbiyah, F., Keguruan, D. A. N., Studi, P., & Teknologi, P. (2023). PERBANDINGAN QUALITY OF SERVICE PADA JARINGAN SELULER DI SEKITAR KAMPUS UIN AR-RANIRY.

- Astarina, R., Akbar, L. A. S. I., & Budiman, D. F. (2024). Implementasi Routing Static Multi Hop Pada Perangkat LoRa. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3), 3393–3401. <http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v12i3.5228>
- Badriansyah, M., Suryadi, D., Marpaung, J., & Imansyah, F. (2021). Rancang Bangun Antena Helix Sebagai Penguat Jaringan Internet Modem Mifi Di Desa Sungai Ambangah. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, 1(1), 12–26. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/download/44512/75676588094>
- Elegant, G. D., Nirmala, I., Sari, K., Rekeyasa, J., & Komputer, S. (2024). Implementasi Sistem Peringatan Dini Angin Kencang Berbasis IoT Untuk Pengurangan Risiko Bencana. 12(3).
- Feng, S. (2022). Cost Effective Routing in Large-scale Multi-hop LoRa Networks. *INFOCOM Wkshps 2022 IEEE Conference on Computer Communications Workshops*, <https://doi.org/10.1109/INFOCOMWKSHPS54753.2022.9798302>
- Gustami, D., Hakim, M. R., Kusdinar, A., & Salim, I. (2024). PROTOTYPE STASIUN PENGUKUR KECEPATAN DAN ARAH ANGIN PROTOTYPE OF WIND SPEED AND DIRECTION METER STASION BASED ON LONG RANGE ( LoRa ). 3(1), 7–14.
- Hasbi, M., & Saputra, N. R. (2021). Analisis Quality of Service ( Qos ) Jaringan Internet Kantor Pusat King Bukopin Dengan Menggunakan Wireshark. *Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 12(1), 1–7. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/article/view/13596>
- Herawati Tita, Imansyah Fitri, & W Pontia Trias.F. (2018). Analisis Performance Wifi Di Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura Menggunakan Aplikasi G-Net Wifi. Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak, 1–9.
- Huan, X. (2023). A One-Way Time Synchronization Scheme for Practical Energy-Efficient LoRa Network Based on Reverse Asymmetric Framework. *IEEE Transactions on Communications*, 71(11), 6468–6481, ISSN 0090-6778, <https://doi.org/10.1109/TCOMM.2023.3305515>
- Islam, M. Rakibul (2023). Performance Evaluation of Multi-Hop LoRaWAN. *IEEE Access*, 11, 50929–50945, ISSN 2169-3536, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3278687>
- Leonardi, L. (2023). MRT-LoRa: A multi-hop real-time communication protocol for industrial IoT applications over LoRa networks. *Computer Communications*, 199, 72–86, ISSN 0140-3664, <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2022.12.013>

- Muthanna, M.S.A. (2022). Deep reinforcement learning based transmission policy enforcement and multi-hop routing in QoS aware LoRa IoT networks. *Computer Communications*, 183, 33-50, ISSN 0140-3664, <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2021.11.010>
- Pebrian, D. D. (2025). Alat Ukur Sinyal Lora Untuk Mengetahui Jangkauan Antara End Device Dengan Gateway. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5700>
- Prade, L. (2022). Multi-radio and multi-hop LoRa communication architecture for large scale IoT deployment. *Computers and Electrical Engineering*, 102, ISSN 0045-7906, <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.108242>
- Ridwan, M. T., Ruslianto, I., & Hasfani, H. (2025). Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi Penerapan Protokol Automatic Packet Reporting System Pada Tracking System Mobil Damkar Kawasan Kota Pontianak Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi. 13(1).
- Saputra, Y., Hidayati, R., Rekeyasa, J., Komputer, S., Tanjungpura, U., & Uno, A. (2025). Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi Sistem Pemantauan Dan Kendali Pada Budidaya Moina Sp Berbasis Mikrokontroler Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi. 13(1), 1–12.
- Suta Adji, R., & Nurwasito, H. (2022). Pengembangan Sistem Pengiriman Data menggunakan LoRa Multipoint menggunakan Simple LoRa Protokol sebagai Kontrol Kebakaran Kandang Ayam. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu ...*, 6(4), 2548–2964. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Tian, P. (2023). LoRaHop: Multihop Support for LoRaWAN Uplink and Downlink Messaging. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(17), 15376-15392, ISSN 2327-4662, <https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3263630>
- Tran, H.P. (2022). Design and Implementation of a Multi-Hop Real-Time LoRa Protocol for Dynamic LoRa Networks. *Sensors*, 22(9), ISSN 1424-8220, <https://doi.org/10.3390/s22093518>
- Wong, A.W.L. (2024). Multi-Hop and Mesh for LoRa Networks: Recent Advancements, Issues, and Recommended Applications. *ACM Computing Surveys*, 56(6), ISSN 0360-0300, <https://doi.org/10.1145/3638241>
- Yanto. (2013). Analisis Qos ( Quality of Service ) Pada Jaringan Internet ( Studi Kasus : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura ). Analisis Qos ( Quality of Service ), 1–6.

Zhao, M. (2023). Realization of Forest Internet of Things Using Wireless Network Communication Technology of Low-Power Wide-Area Network. *Sensors*, 23(10), ISSN 1424-8220, <https://doi.org/10.3390/s23104809>