

## MULTI PEMANTAU CUACA DENGAN TOPOLOGI HYBRID BERBASIS KOMUNIKASI JARAK JAUH DAN INTERNET

Muhammad Reza Husaini<sup>1</sup>, Jannus Marpaung<sup>2</sup>, Neilcy Tjahjamoonsih<sup>3</sup>  
[muhammadrezahusaini814@gmail.com](mailto:muhammadrezahusaini814@gmail.com)<sup>1</sup>, [jannus.marpaung@ee.untan.ac.id](mailto:jannus.marpaung@ee.untan.ac.id)<sup>2</sup>,  
[neilcy.moonsih@ee.untan.ac.id](mailto:neilcy.moonsih@ee.untan.ac.id)<sup>3</sup>  
Universitas Tanjungpura

### ABSTRAK

Pemantauan cuaca merupakan aspek penting dalam berbagai bidang kehidupan, khususnya di daerah yang belum terjangkau oleh stasiun cuaca resmi. Penelitian ini merancang dan membangun sistem pemantauan cuaca multi-node dengan topologi hybrid berbasis Internet of Things (IoT) dan komunikasi jarak jauh menggunakan modul LoRa RFM95. Sistem terdiri atas tiga perangkat node yang dilengkapi sensor DHT22 (suhu dan kelembapan), sensor curah hujan tipe tipping bucket, serta sensor anemometer untuk kecepatan angin. Setiap node mengirimkan data ke perangkat gateway yang bertindak sebagai pusat penerima dan pengolah data, dengan metode komunikasi half-duplex dan identifikasi alamat perangkat. Data cuaca ditampilkan secara real-time melalui platform Thinger.io. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berjalan stabil, sensor bekerja akurat setelah proses kalibrasi, dan komunikasi data antar node dan gateway berlangsung dengan baik hingga jarak 100 meter. Sistem ini terbukti efektif sebagai solusi pemantauan cuaca di wilayah yang tidak terjangkau infrastruktur pemantauan konvensional.

**Kata Kunci:** Pemantauan Cuaca, Internet Of Things, LoRa, Topologi Hybrid, Sensor Cuaca.

### ABSTRACT

*Weather monitoring is a crucial aspect in various fields, especially in areas not covered by official weather stations. This study designs and develops a multi-node weather monitoring system using a hybrid topology based on the Internet of Things (IoT) and long-range communication with the LoRa RFM95 module. The system consists of three node devices equipped with DHT22 sensors (temperature and humidity), a tipping bucket rain sensor, and an anemometer for wind speed. Each node transmits data to a gateway device that functions as the central receiver and processor, using half-duplex communication and device address identification. Weather data is displayed in real-time via the Thinger.io platform. Test results show the system operates reliably, sensors function accurately after calibration, and data communication between nodes and the gateway works effectively over distances up to 100 meters. This system proves to be an effective solution for weather monitoring in regions lacking conventional infrastructure.*

**Keywords:** Weather Monitoring, Internet Of Things, LoRa, Hybrid Topology, Weather Sensors.

### PENDAHULUAN

Cuaca merupakan kondisi atmosfer yang terjadi disuatu tempat atau wilayah tertentu yang bisa berubah kapan saja [1]. Cuaca bersifat sementara dan bisa berubah - ubah dalam waktu yang singkat, sehingga dibutuhkan sebuah pemantauan cuaca. Pemantauan cuaca sendiri dilakukan dengan memperhatikan berbagai faktor yang mempengaruhinya, seperti suhu, kelembaban, curah hujan, dan kecepatan angin. Unsur cuaca yang diamati akan dijadikan bahan untuk memprakirakan cuaca pada waktu yang akan datang. Informasi cuaca sangat berguna untuk mengetahui kondisi klimatologis suatu daerah, sehingga manusia dapat memanfaatkan kondisi cuaca tersebut sesuai dengan kebutuhan masing-masing. Misalnya penggunaan sinar matahari pada industri ikan asin, vanilla, tembakau, kerupuk, dan sebagainya. Pada bidang pertanian seperti tanaman padi, hortikultura, khususnya sayur-sayuran pada proses penanamannya. Serta pada bidang kelautan seperti nelayan pada daerah pesisir yang sangat bergantung dengan kondisi cuaca.

Menurut Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2009, BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) adalah lembaga pemerintah non-departemen yang bertanggung jawab di bidang informasi meteorologi, klimatologi, dan geofisika. Tugas utamanya adalah melakukan pengamatan, pengumpulan, pengolahan, dan penyebaran informasi terkait cuaca, iklim, kualitas udara, serta fenomena geofisika seperti gempa bumi dan tsunami, guna mendukung keselamatan dan meminimalisasi dampak negatif yang mungkin bisa terjadi [2]. Dalam proses pengamatannya, BMKG menggunakan sebuah instrumen atau perangkat yang akan ditempatkan pada suatu lokasi tertentu untuk mewakili kondisi cuaca pada daerah sekitarnya biasanya disebut dengan stasiun cuaca. Namun pada kenyataannya tidak setiap lokasi bisa terjangkau oleh stasiun cuaca dari BMKG, yang disebabkan karena terbatasnya jumlah stasiun cuaca yang ada. Sehingga mengakibatkan kurangnya informasi terkait kondisi cuaca pada beberapa lokasi tersebut.

Berdasarkan permasalahan itu, maka dibutuhkan suatu alat pemantau cuaca yang digunakan untuk membantu memberikan informasi terkait kondisi cuaca pada lokasi yang belum terpantau tersebut. Salah satu sarana yang dapat dilakukan adalah dengan merancang sebuah sistem multi pemantau cuaca dengan topologi hybrid berbasis komunikasi jarak jauh dan internet. Yaitu sistem pemantau cuaca yang dibuat dengan memanfaatkan teknologi IoT (Internet of Things). IoT merupakan teknologi yang mampu menghubungkan beberapa perangkat dari jarak jauh dengan memanfaatkan jaringan internet. Sehingga memungkinkan untuk menempatkan beberapa perangkat pada lokasi yang berbeda.

Pada sistem multi pemantau cuaca ini digunakan tiga perangkat node dan dua perangkat gateway. Dimana setiap perangkat-perangkat node bertugas untuk mengumpulkan data dan informasi terkait kondisi cuaca pada masing-masing lokasi, kemudian mengirimkannya secara langsung ke perangkat gateway. Sedangkan perangkat gateway berfungsi untuk menerima dan mengolah data yang telah didapat tersebut sehingga bisa ditampilkan. Parameter-parameter untuk menentukan cuaca seperti suhu, kelembaban udara, curah hujan, dan kecepatan angin menggunakan sebuah sensor. Hasil yang didapat pada saat penelitian akan ditampilkan pada platform Thinger.Io.

## METODOLOGI

Dalam perancangan penelitian ini digunakan beberapa alat dan juga bahan sebagai penunjang dalam membangun sebuah sistem multi pemantau cuaca dengan topologi hybrid berbasis komunikasi jarak jauh dan internet. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Nama Bahan	Jumlah
1	loRa RFM95	5 Buah
2	Antena 3,5 dBi	5 Buah
3	Mikrokontroler ESP32	4 Buah
4	Mikrokontroler ESP8266	1 Buah
5	Sensor DHT22	4 Buah
6	Sensor Curah Hujan	4 Buah
7	Sensor Anemometer	4 Buah
8	Laptop	1 Buah
9	Handphone	1 Buah

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan peralatan yang telah dibuat dan koding program yang ditanamkan pada setiap perangkat tersebut, maka langkah selanjutnya adalah pengujian untuk mendapatkan data dan kinerja komunikasi komunikasi antara perangkat dalam topologi hybrid.

### Pengujian Sensor

Pada setiap pemancar LoRa terdapat 3 buah sensor berbeda, yaitu sensor DHT22 yang menghasilkan data suhu dan kelembapan, sensor anemometer menghasilkan data kecepatan angin dan sensor curah hujan yang menghasilkan data jumlah air dalam setiap tip.

#### 1. Pembahasan Hasil Pengujian Sensor DHT22

Sensor DHT22 bekerja menghasilkan data suhu dan kelembapan, rentang suhu yang dapat diukur adalah  $-48^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $80^{\circ}\text{C}$  dengan faktor ketelitian  $\pm 0,5\%$ , sedangkan rentang kelembapan udara yang dapat diukur adalah dari  $0\%$  sampai dengan  $100\%$  dengan faktor ketelitian  $2-5\%$ .

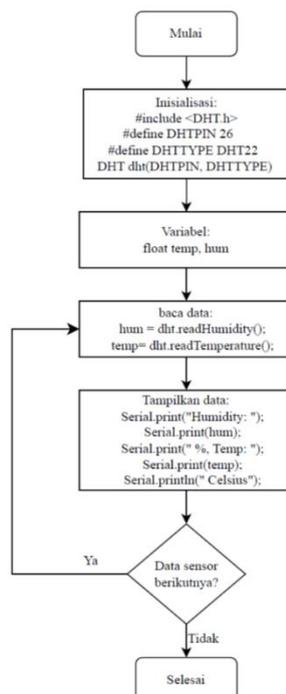
Agar sensor DHT22 dapat menghasilkan data, sensor dihubungkan dengan mikrokontroler dan mikrokontroler diprogram dengan Arduino IDE. Dalam program (sketch) disertakan library DHT22, yaitu DHT.h, kemudian didefinisikan pin yang digunakan dalam hal ini pin 26 (GPIO26), didefinisikan juga tipe dari sensor yang digunakan, yaitu DHTYPE DHT22.

Dalam program didefinisikan variabel temp untuk suhu dan hum untuk kelembapan. Saat program dijalankan nilai variabel diambil dari syntax:

```
hum = dht.readHumidity();  
temp= dht.readTemperature();
```

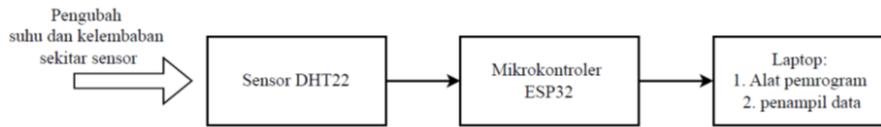
Selanjutnya data ditampilkan pada layar laptop dengan perintah Serial.print();. Program akan membaca data berikutnya jika masih ada, jika tidak diinginkan pembacaan data sensor berikutnya maka program akan berhenti.

Pengujian data sensor DHT22 diringkas dalam diagram alir (flowchart) seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Pengujian Sensor DHT22

Diagram blok pembacaan sensor DHT22 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Pengujian Sensor DHT22

Untuk menghasilkan data sensor yang bervariasi digunakan kipas angin (mendinginkan) dan korek api (memanaskan) yang diterapkan disekitar sensor DHT22. Data sensor diperoleh setiap 1 detik dengan pertimbangan penerapan pengubah suhu akan mengakibatkan perubahan suhu yang sangat cepat.

Tabel 2. Penerapan Panas (Korek Api) Pada Sensor DHT22

Penerapan Panas	Penerapan Kipas Angin	Detik ke	Sensor DHT22	
			Suhu	Kelembapan
			°C	%
1	0	1	29.26	67
1	0	2	30.25	67
1	0	3	30.78	67
1	0	4	31.33	65
1	0	5	31.89	65
1	0	6	32.75	65
1	0	7	34.78	65
1	0	8	36.42	62
1	0	9	37.89	62
1	0	10	39.03	61
1	0	11	39.55	61
1	0	12	42.89	61
1	0	13	44.76	59
1	0	14	46.98	59
1	0	15	50.43	59
1	0	16	52.45	59
1	0	17	53.69	57
1	0	18	54.99	57
1	0	19	56.78	57
1	0	20	58.13	56
1	0	21	59.63	56
1	0	22	60.25	56
1	0	23	60.89	56
1	0	24	62.54	55
1	0	25	63.56	55
1	0	26	64.99	55
1	0	27	65.77	55
1	0	28	67.88	54
1	0	29	68.91	54
1	0	30	69.65	54

Tabel 1. menunjukkan data sensor DHT22 yang ditampilkan pada Serial Monitor laptop saat dilakukan pengujian menerapkan panas dengan korek api pada sensor. Nilai awal suhu pada detik ke-1 sebesar 29,26 oC dan nilai suhu akhir pada detik ke-30 sebesar 69,65 oC. Nilai kelembapan awal sebesar 67 % dan kelembapan akhir di detik ke-30 sebesar 54%.

Tabel 3. Peneran Dingin (Kipas Angin) Pada Sensor DHT22

Penerapan Panas	Penerapan Kipas Angin	Detik ke	Sensor DHT22	
			Suhu	Kelembapan
			°C	%
0	1	1	29.78	62
0	1	2	29.27	62
0	1	3	29.22	62
0	1	4	28.97	62
0	1	5	28.65	62
0	1	6	28.12	63
0	1	7	27.89	63
0	1	8	27.77	63
0	1	9	27.24	64
0	1	10	27.12	64
0	1	11	26.98	64
0	1	12	26.76	64
0	1	13	26.54	64
0	1	14	26.32	64
0	1	15	26.11	64
0	1	16	25.98	65
0	1	17	25.96	65
0	1	18	25.65	65
0	1	19	25.44	65
0	1	20	25.32	66
0	1	21	25.21	66
0	1	22	25.05	66
0	1	23	24.88	67
0	1	24	24.67	67
0	1	25	24.54	67
0	1	26	24.31	68
0	1	27	24.12	68
0	1	28	24.03	69
0	1	29	23.87	69
0	1	30	23.75	70

Tabel 3. menunjukkan data sensor DHT22 yang ditampilkan pada Serial Monitor laptop saat dilakukan pengujian menerapkan dingin dengan kipas angin pada sensor. Nilai awal suhu pada detik ke-1 sebesar 29,78 oC dan nilai suhu akhir pada detik ke-30 sebesar 23,75 oC. Nilai kelembapan awal sebesar 62 % dan kelembapan akhir di detik ke-30 sebesar 70%.

Data perubahan suhu dan kelembapan saat penerapan panas dan dingin ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Kecenderungan Nilai Suhu Selama 30 Detik



Gambar 4. Kecenderungan Nilai Kelembapan Selama 30 Detik

Nilai suhu naik secara linier saat diterapkan panas dan turun secara linier saat diterapkan dingin. Demikian juga dengan nilai kelembapan naik dan turun secara linier saat diterapkan panas dan dingin. Hal ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki nilai kelinieran yang baik. Persamaan kelinieran suhu dan kelembapan dapat diperoleh menggunakan menggunakan garis trend linier pada MS Excel sebagai berikut:

$$T_{up} = 1,5371t + 25,478$$

$$R_T^2 = 0,9871$$

$$H_{up} = 0,2549t + 61,048$$

$$R_H^2 = 0,9486$$

Dari persamaan linier kenaikan suhu  $T_{up}$  dan tingkat akurasi  $R_T^2$  sebesar 0,9871 dan persamaan linier  $H_{up}$  dan akurasi  $R_H^2$  sebesar 0,9486 menunjukkan bahwa data sensor yang dibangkitkan DHT22 sudah sesuai dengan spesifikasi sensor tersebut.

## 2. Pembahasan Hasil Pengujian Sensor Anemometer

Sensor anemometer bekerja berdasarkan hembusan angin yang mengenai “mangkok putar” atau revolving cup. Tiupan angin tersebut adalah kecepatan linier angin, kecepatan linier diubah menjadi kecepatan putar. Pada poros sensor yang berputar ditempatkan piringan (disk) yang terdiri dari 18 lubang (celah optik infra red). Jarak poros dengan bagian luar “mangkok putar” adalah 8cm atau 80 mm. Saat disk berputar maka akan muncul pulsa digital saat celah menghubungkan optik infra red, semakin cepat putar disk maka semakin banyak pulsa yang dihasilkan, demikian sebaliknya. Jumlah pulsa yang dihasilkan sebanding dengan kecepatan linier angin yang bertiup.

Kecepatan putar ( $\omega$ ) dan kecepatan linier ( $v$ ) dinyatakan dengan persamaan:

$$v = \omega r$$

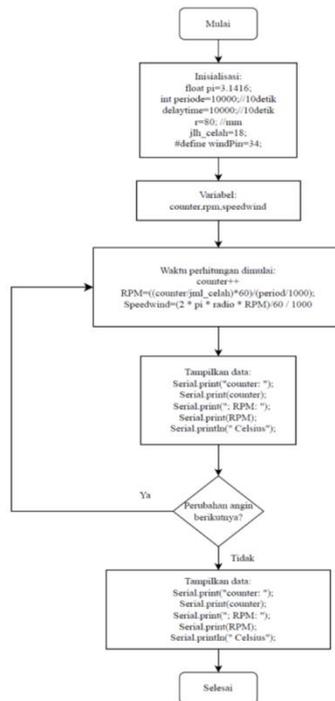
Dimana  $r$  adalah jarak poros yang berputar dengan ujung “mangkok putar”. Oleh karena:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$$

Maka:

$$v = 2\pi r f = 2\pi r/T$$

Untuk mendapatkan nilai  $f$  atau  $T$  maka diterapkan program interupsi “attachInterrupt()” dan “detachInterrupt()” pada untuk menghitung jumlah pulsa setiap detik atau setiap menitnya.



Gambar 5. Diagram Alir Pengujian Sensor Anemoter  
`attachInterrupt(windPin, addcount, FALLING);`

`unsigned long millis();`

`long startTime = millis();`

`while(millis() < startTime + period) { }`

`detachInterrupt(1);`

`w=((counter/jml_celah)*60)/(periode/1000); // menghitung kecepatan putar (w)`

dalam rpm

`Serial.print("rpm= ");`

`Serial.print(w);`

`Serial.print("Kecepatan angin: ");`

`v= ((2 * pi * r * w)/60) / 1000;`

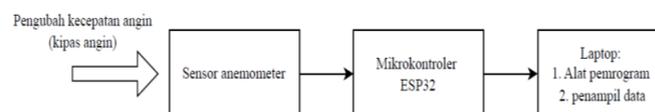
`Serial.print(speedwind);`

`Serial.print(" m/s ");`

`Serial.println();`

Diagram alir program kerja sensor anemometer ditunjukkan pada gambar 5

Blok diagram pengujian sensor anemometer ditunjukkan pada Gambar 6



Gambar 6. Blok diagram pengujian sensor anemometer  
 Data counter, rpm dan kecepatan angin diambil pada serial monitor sebagai berikut:

```

COM5
09:14:16.045 -> 2: Start measurement... finished.
09:14:26.071 -> Counter: 424; RPM: 138; Wind speed: 1.16 m/s
09:14:28.073 -> 3: Start measurement... finished.
09:14:38.053 -> Counter: 489; RPM: 162; Wind speed: 1.36 m/s
09:14:40.057 -> 4: Start measurement... finished.
09:14:50.059 -> Counter: 439; RPM: 144; Wind speed: 1.21 m/s
09:14:52.054 -> 5: Start measurement... finished.
09:15:02.074 -> Counter: 415; RPM: 138; Wind speed: 1.16 m/s
09:15:04.063 -> 6: Start measurement... finished.
09:15:14.056 -> Counter: 0; RPM: 0; Wind speed: 0.00 m/s
09:15:16.049 -> 7: Start measurement... finished.
09:15:26.036 -> Counter: 324; RPM: 108; Wind speed: 0.90 m/s
09:15:28.033 -> 8: Start measurement... finished.
09:15:38.064 -> Counter: 359; RPM: 114; Wind speed: 0.96 m/s
09:15:40.057 -> 9: Start measurement... finished.
09:15:50.037 -> Counter: 303; RPM: 96; Wind speed: 0.80 m/s
09:15:52.035 -> 10: Start measurement... finished.
09:16:02.074 -> Counter: 309; RPM: 102; Wind speed: 0.85 m/s
09:16:04.070 -> 11: Start measurement... finished.
09:16:14.048 -> Counter: 306; RPM: 102; Wind speed: 0.85 m/s
09:16:16.040 -> 12: Start measurement... finished.
09:16:26.034 -> Counter: 328; RPM: 108; Wind speed: 0.90 m/s
09:16:28.035 -> 13: Start measurement... finished.
09:16:38.069 -> Counter: 347; RPM: 114; Wind speed: 0.96 m/s
09:16:40.068 -> 14: Start measurement... finished.
09:16:50.058 -> Counter: 397; RPM: 132; Wind speed: 1.11 m/s
09:16:52.049 -> 15: Start measurement... finished.
09:17:02.060 -> Counter: 438; RPM: 144; Wind speed: 1.21 m/s
09:17:04.066 -> 16: Start measurement... finished.
09:17:14.062 -> Counter: 376; RPM: 120; Wind speed: 1.01 m/s
09:17:16.063 -> 17: Start measurement... finished.
09:17:26.061 -> Counter: 374; RPM: 120; Wind speed: 1.01 m/s
09:17:28.056 -> 18: Start measurement... finished.
09:17:38.029 -> Counter: 418; RPM: 138; Wind speed: 1.16 m/s
09:17:40.025 -> 19: Start measurement... finished.
09:17:50.048 -> Counter: 419; RPM: 138; Wind speed: 1.16 m/s
09:17:52.051 -> 20: Start measurement... finished.
09:18:02.035 -> Counter: 397; RPM: 132; Wind speed: 1.11 m/s
09:18:04.033 -> 21: Start measurement...
Autoscroll Show timestamp Newline 115200 baud Clear output

```

Gambar 7. Data Pengujian Sensor Kecepatan Angin

Besar kecepatan angin diverifikasi dari rumus:

$$v=2\pi fr=2.3,18((0,1.RPM)/60)0,8$$

Nilai pembagi 60 dimaksudkan untuk mengembalikan nilai RPM menjadi RPS (revolusi per second), nilai 0,1 dimaksudkan untuk mengembalikan perhitungan 10 detik menjadi 1 detik ( $10 \cdot 0,1=1$ ), sebagai contoh untuk data ke-3, dengan nilai counter 489, nilai RPM 162 maka kecepatan angin:

$$v=2.3,18(0,1.162/60)0,8=1,36 \text{ m/s}$$

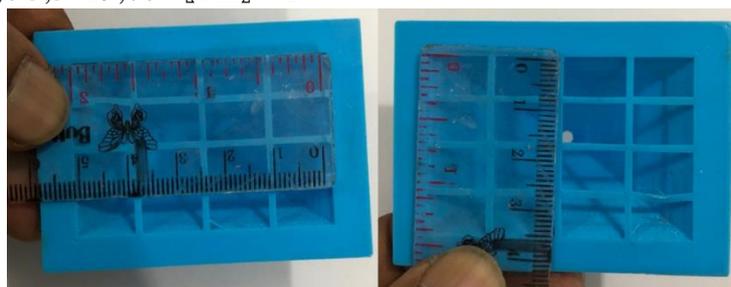
### 3. Pembahasan Hasil Pengujian Sensor Curah Hujan

Sensor curah hujan bekerja berdasarkan banyaknya jumlah tip yang dibangkitkan pada sensor. Nilai 1 tip dihasilkan apabila jumlah air (mm) sudah penuh pada “mangkok” di satu sisi dan mangkok mengosongkan air tadi, nilai 2 dihasilkan jika mangkok disisi lainnya terisi penuh dan mengosongkan isinya, demikian seterusnya.

Dari pengujian menggunakan alat kalibrasi jarum suntik 30mm air, akan menghasilkan 14 tip, sehingga setiap tip yang dihasilkan sensor adalah 2,14mm. Defenisi curah hujan (mm) adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak menyerap, tidak meresap dan tidak mengalir. Unsur hujan 1 (satu) milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air hujan setinggi satu milimeter atau tertampung air hujan sebanyak satu liter ([https://bbmkg3.bmkg.go.id/daftar-istilah-musim#:~:text=Curah%20Hujan%20\(mm\)%20adalah%20ketinggian,tidak%20meresa%20dan%20tidak%20mengalir\).](https://bbmkg3.bmkg.go.id/daftar-istilah-musim#:~:text=Curah%20Hujan%20(mm)%20adalah%20ketinggian,tidak%20meresa%20dan%20tidak%20mengalir).)

Luas penampang wadah penampung air dari sesnor adalah

$$A=p.l=3,6.5,3=19,08 \text{ [cm]}^2$$

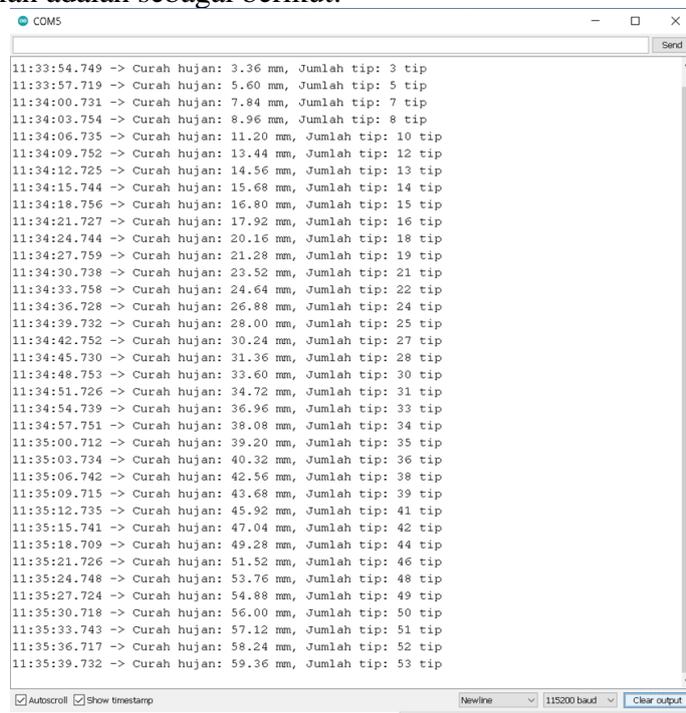


Gambar 8. Penampang Penampung Sensor Curah Hujan

Sehingga jumlah air atau curah hujan menurut defenisi yang dihasilkan sensor adalah:

$$Rain = \frac{2,16mm}{19,08cm^2} = 0,112 \frac{mm}{cm^2} = 1120 \frac{mm}{m^2} = 1,12 \frac{liter}{m^2} = 1,12 mm$$

Data pengujian adalah sebagai berikut:



Gambar 9. Screenshot Data Pengujian Sensor Curah Hujan

Dengan kalibrasi, setiap terjadi tip pada sensor menghasilkan curah hujan sebesar 1,12 mm.

### Pembahasan Komunikasi LoRa Point To Point

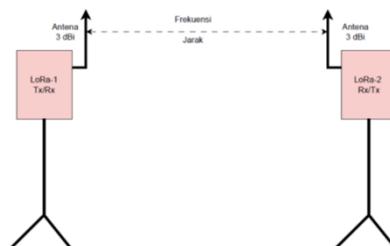
Komunikasi Lora point to point berarti sistem komunikasi LoRa dari 1 pemancar ke 1 penerima. Pemancar mengirimkan data-data dan penerima menerima data-data tersebut dan menampilkannya. Pada komunikasi LoRa point to point tidak perlu dibuat pengenalan perangkat, oleh karena penerima hanya menerima dari 1 perangkat pemancar saja.

#### 1. Skema Komunikasi LoRa

Rangkaian LoRa sebagai pemancar dan sebagai LoRa penerima adalah sama, yang membedakannya adalah program yang ditanamkan pada mikrokontrolernya.

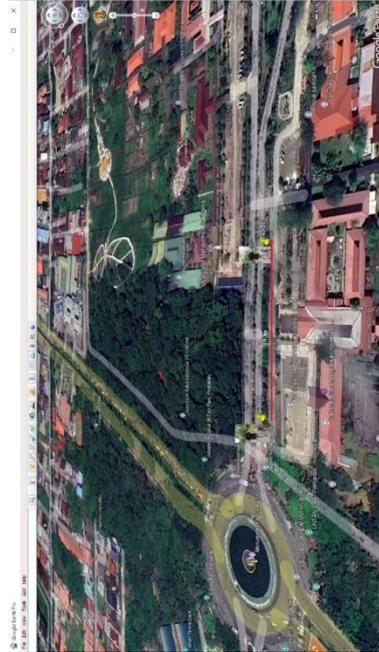


Gambar 10. Rangkaian LoRa Pemancar/Penerima



Gambar 11. Komunikasi LoRa Point To Point

Pengujian komunikasi radio LoRa point to point dilakukan untuk menguji performasni LoRa pada jarak jangkauan yang bervariasi. Untuk di lingkungan Fakultas Teknik, jarak jangkauan Tx-Rx sejauh 100m, dengan tinggi Tx1 sedangkan tinggi Rx 8m, posisi Tx berada di lapangan basket Fakultas Teknik sedangkan posisi Rx berada roof top Laboratorium Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.



Gambar 12. Pengujian Komunikasi radio LoRa Point To Point

## 2. Pembahasan Data Komunikasi LoRa

Data-data propagasi gelombang radio LoRa yang didapatkan adalah indikator kekuatan sinyal atau RSSI, indikator kerusakan sinyal atau SNR dan data waktu propagasi gelombang atau ToA. Dalam pengujian komunikasi radio LoRa disertakan paket data berupa angka integer yang bertambah secara berurutan yang dilakukan pengiriman setiap 5 detik. Penyetelan parameter transmisi radio LoRa Tx dan Rx dengan jarak 100m SF 12, BW 250 kHz dan CR 4/5.

Tabel 4. Indikator Komunikasi Radio LoRa Jangkauan 100m

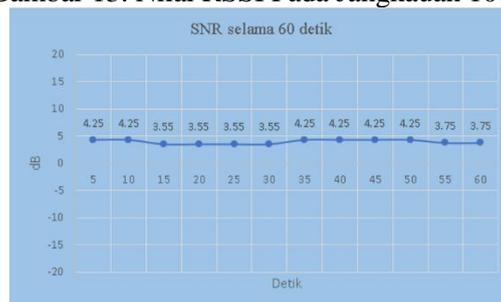
Detik ke	RSSI (dBm)	SNR (dB)	Waktu Kirim	Waktu Terima	ToA (ms)
5	-98	4.25	14:05:31	14:05:31.567	567
10	-96	4.25	14:05:36	14:05:36.624	624
15	-96	3.55	14:05:41	14:05:41.689	689
20	-96	3.55	14:05:46	14:05:46.626	626
25	-97	3.55	14:05:51	14:05:51.653	653
30	-97	3.55	14:05:56	14:05:56.688	688
35	-97	4.25	14:06:01	14:06:01.659	659
40	-97	4.25	14:06:06	14:06:06.634	634
45	-98	4.25	14:06:11	14:06:11.429	429
50	-98	4.25	14:06:16	14:06:16.638	638
55	-98	3.75	14:06:21	14:06:21.682	682
60	-98	3.75	14:06:26	14:06:26.690	690
Rata-rata	-97.17	3.93			631.58

Pada jangkauan 100m dan dengan parameter seperti di atas, diperoleh nilai indikator daya terima (RSSI) sebesar -97,17 dBm, nilai tertinggi -96 dBm dan terendah -98 dBm. Nilai rata-rata indikator kerusakan sinyal (SNR) adalah 3,93 dB dengan nilai terendah 3,55 dB dan tertinggi 4,25 dB. Sedangkan nilai rata-rata waktu mengudara di udara (ToA) adalah

631,58 ms, dengan nilai terendah 429 ms dan tertinggi 689 ms.

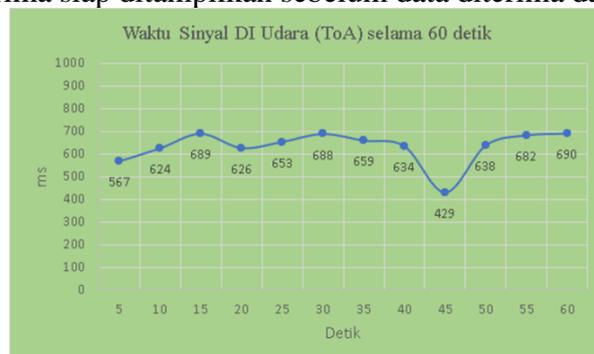


Gambar 13. Nilai RSSI Pada Jangkauan 100m



Gambar 14. Nilai SNR Pada Jangkauan 100m

Berdasarkan nilai rata-rata RSSI -97,17 dBm bahwa sinyal yang terima berdaya cukup oleh karena lebih besar dari nilai ambang terendahnya sebesar -120 dBm, sedangkan dari nilai rata-rata SNR 3,93 dB jauh lebih dari nilai ambang kerusakan sinyal -20 dB. Dari kedua indikator tersebut bahwa dengan parameter SF 12, CR 4/5 dan BW 250 kHz pada jarak jangkauan 100m LoRa dapat berkomunikasi dengan baik. Nilai rata-rata sinyal di udara sebesar 631,58 ms menunjukkan sinyal yang diterima sudah baik, tidak terlalu lambat, yang berarti data yang diterima siap ditampilkan sebelum data diterima dalam 5 detik berikutnya



Gambar 15. Nilai ToA Pada Jangkauan 100m

### Tampilan Data Pada Smartphone dan Laptop

Untuk menampilkan data sensor pada Smartphone dan Laptop, maka pemancar dilengkapi dengan sensor yang sudah diuji dan pada penerima dilengkapi dengan program yang dapat terhubung dengan jaringan internet. Agar dapat terhubung dengan jaringan internet maka pada penerima dibutuhkan library ESP8266WiFi.h dan library platform IoT ThingrESP8266.h.

#### 1. Format Data Pengirim Komunikasi Point To Point

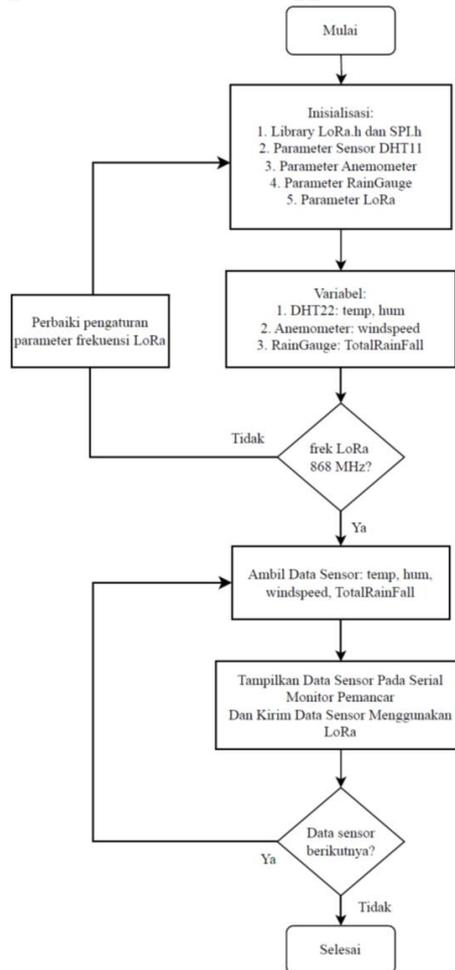
Modul pengirim akan mengirimkan data sensor sekaligus, yaitu data suhu, kelembapan, kecepatan angin dan curah hujan, melalui LoRa. Data yang dikirimkan LoRa adalah serangkaian data dalam format string (teks). Agar data dapat dipisahkan untuk selanjutnya “dikenali” pada penerima maka rangkaian data dipisahkan dengan menyisipkan

karakter khusus, dalam hal ini digunakan karakter “%”. Format data pemancar disusun sebagai berikut:

String Data=Data1%Data2%....%DataAkhir.

Data-data sensor yang hendak dikirimkan pemancar adalah suhu, kelembapan, Anemometer (kecepatan angin) dan RainGauge (curah hujan), data komunikasi LoRa juga sertakan dalam pengiriman, yaitu nilai RSSI dan SNR.

Diagram alir pengiriman data sensor menggunakan Lora ditunjukkan pada Gambar 4.16



Gambar 16. Diagram Alir Format Pengiriman Data Sensor

## 2. Penguraian Data Dan Penampilan Data Pada Penerima

LoRa menerima data berupa serangkaian teks (string) sesuai dengan format data dari pengirim. Data dengan tipe string tidak dapat dikenali dan digunakan untuk ditampilkan pada platform Thinger.io. Oleh karena itu rangkaian data string diuraikan dan dipisahkan serta dimasukkan pada variabel-variabel yang ditetapkan sehingga dapat ditampilkan.

Yang pertama dilakukan adalah rangkaian data LoRa yang diterima dimasukkan ke dalam variabel array bernama `buf[i]`, `i` adalah variabel angka integer mulai dari 0 sampai dengan data terakhir. Selanjutnya karakter khusus “%” dihilangkan dari rangkaian data dengan fungsi `delimiter`. Setiap data yang sudah dipisahkan dimasukkan ke dalam array data yang disebut `arrLoRadata[index]`, dimana `index` adalah variabel integer dengan nilai mulai dari 0 sampai dengan data terakhir. Oleh karena data yang dikirimkan sebanyak 4 jenis, maka nilai `index` adalah 4, yaitu 0, 1, 2, 3. Susunan `arrLoRadata` adalah sebagai berikut:

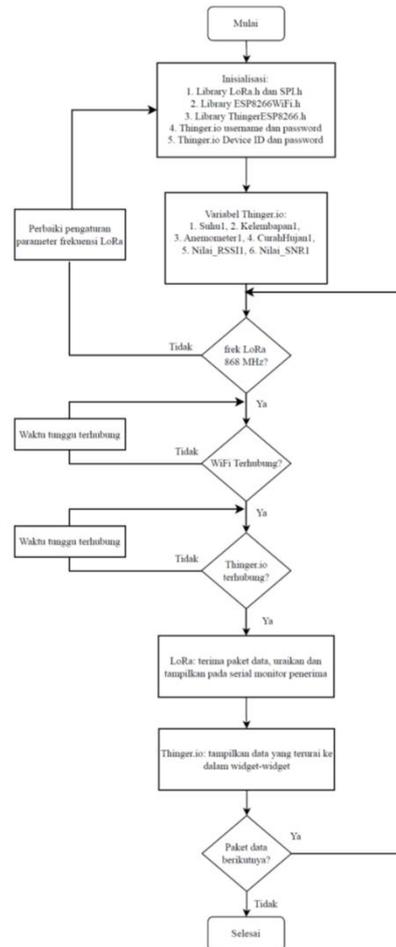
`arrLoRadata[0]` untuk variabel Suhu1

`arrLoRadata[1]` untuk variabel Kelembapan1

arrLoRadata[2] untuk variabel Anemometer1  
 arrLoRadata[3] untuk variabel CurahHujan1

Variabel-variabel Suhu1, Kelembapan1, Anemometer1, dan CurahHujan1 merupakan output yang akan dikenali saat pembuatan widget pada platform Thinger.io. Namun parameter komunikasi LoRa antara pemancar dan penerima juga bagian yang ditampilkan pada platform IoT. Untuk mendapat parameter komunikasi LoRa digunakan perintah standart LoRa dan disimpan dalam variabel Nilai\_RSSI dan Nilai\_SNR1 sebagai berikut:

Nilai\_RSSI1 = LoRa.packetRssi();  
 Nilai\_SNR1 = LoRa.packetSnr();



Gambar 17. Diagram Alir Penampilan Data Pada Serial Monitor Dan Thinger.io

### 3. Tampilan Data Pada Platform Thinger.io

Pembuatan widget pada platform Thinger.io, dimulai dengan mendaftar atau subscribe pada platform dengan menyertakan username dan password. Setelah terhubung akan diperoleh konformasi pada email. Setelah terkonfirmasi maka dilakukan login pada platform dan selanjutnya membuat device dan dashboard.

Pembuatan device dibatasi sebanyak 2 device, sedangkan pembuatan dashboard dibatasi sebanyak 4 dashboard. Device yang dibuat disebut DEVICE\_ID dengan nama "SkripsiMRezaH" dengan DEVICE\_CREDENTIAL adalah "TopologiHybrid". Sedangkan nama dashboard yang dibuat adalah "SkrisiPemantauCuaca".

Widget dibuat dalam dashboard, oleh karena terdapat 6 data yang akan ditampilkan maka dibuat sejumlah 6 widget dengan tipe grafis "Tachometer". Setiap widget harus terhubung dengan nama dashboard, dan nama-nama variabel yang dimasukkan disesuaikan dengan data yang akan ditampilkan. Tampilan widget dalam dashboard yang menampilkan

data-data sensor dan parameter komunikasi .

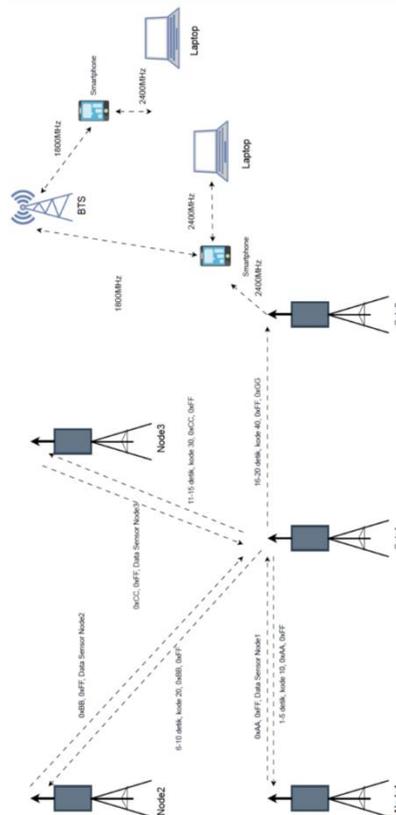
### Pengujian Komunikasi LoRa Dalam Topologi Hybrid

Komunikasi LoRa dalam topologi hybrid merupakan implementasi dari komunikasi LoRa multinode, yang terdiri dari 3 modul LoRa sebagai pemancar dan 1 modul LoRa penerima. Pemancar ditandai dengan identitas Node1, Node2, dan Node3 sedangkan penerima adalah Gate1. Setiap modul LoRa ditandai dengan alamat dalam kode heksadesimal seperti ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. Alamat Modul LoRa

Modul	Node1	Node2	Node3	Gate1	Gate2
Alamat	0xAA	0xBB	0xCC	0xFF	0xGG

Fungsi identitas alamat modul adalah agar penerima Gate1 dapat mengenali sekaligus memisahkan asal data yang diterima sehingga penampilan data tepat pada widget platform IoT. Sistem komunikasi antara Node-Gate adalah half duplex, dimana Gate1 meminta data (request) data ke Node berdasarkan durasi waktu dan kode permintaan data, secara ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Skema Komunikasi LoRa Dalam Topologi Hybrid

Waktu yang “disediakan” Gate1 untuk merequest data ke Node1 adalah pada detik ke-1 sampai detik ke-5, request data ke Node2 adalah detik ke-6 sampai detik ke-10, dan request data ke Node3 adalah detik ke 11 sampai detik ke 15, setelah detik ke-15 waktu diatur ulang pada detik ke-1. Setiap waktu request dikirimkan data berupa kode permintaan, untuk Node1 kode 10, untuk Node2 kode 20 dan untuk Node3 kode 30.

Tabel 5. Request Data RX ke TX Berbasis Waktu

Modul	Node1	Node2	Node3
Waktu	1-5	6-10	11-15
Kode	10	20	30

Proses pengenalan dan pemisahan data pada Gate dikenali dengan memasukkan data-data yang berasal dari Node ke dalam variabel-variabel yang dipisahkan, sehingga data

berada pada tempat yang tepat.

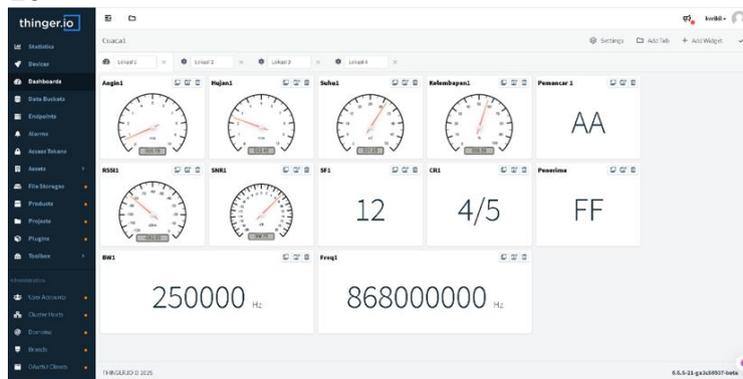
```
thing["Lokasi1"] >>[(pson& out)
{
  out["Tx1"]           = Pengirim1;    //0
  out["Rx"]            = Penerima;     //1
  out["Suhu1"]         = T1;           //2
  out["Kelembapan1"]  = H1;           //3
  out["Angin1"]        = Wind1;        //4
  out["Hujan1"]        = Rain1;        //5
  out["SF1"]           = Nilai_SF1;    //6
  out["CR1"]           = Nilai_CR1;    //7
  out["BW1"]           = Nilai_BW1;    //8
  out["Freq1"]         = Nilai_Freq1;  //9
  out["RSSI1"]         = Nilai_RSSI1;  //10
  out["SNR1"]          = Nilai_SNR1;   //11
};
thing["Lokasi2"] >>[(pson& out)
{
  out["Tx2"]           = Pengirim2;    //0
  out["Rx"]            = Penerima;     //1
  out["Suhu2"]         = T2;           //2
  out["Kelembapan2"]  = H2;           //3
  out["Angin2"]        = Wind2;        //4
  out["Hujan2"]        = Rain2;        //5
  out["SF2"]           = Nilai_SF2;    //6
  out["CR2"]           = Nilai_CR2;    //7
  out["BW2"]           = Nilai_BW2;    //8
  out["Freq2"]         = Nilai_Freq2;  //9
  out["RSSI2"]         = Nilai_RSSI2;  //10
  out["SNR2"]          = Nilai_SNR2;   //11
};
thing["Lokasi3"] >>[(pson& out)
{
  out["Tx3"]           = Pengirim3;    //0
  out["Rx"]            = Penerima;     //1
  out["Suhu3"]         = T3;           //2
  out["Kelembapan3"]  = H3;           //3
  out["Angin3"]        = Wind3;        //4
  out["Hujan3"]        = Rain3;        //5
  out["SF3"]           = Nilai_SF3;    //6
  out["CR3"]           = Nilai_CR3;    //7
  out["BW3"]           = Nilai_BW3;    //8
  out["Freq3"]         = Nilai_Freq3;  //9
  out["RSSI3"]         = Nilai_RSSI3;  //10
  out["SNR3"]          = Nilai_SNR3;   //11
};
```

Pengujian Lapangan Komunikasi LoRa dalam Topologi Hybrid dilakukan di lingkungan Universitas Tanjungpura. Penempatan Node dan Gate diringkas dalam Tabel 6. berikut:

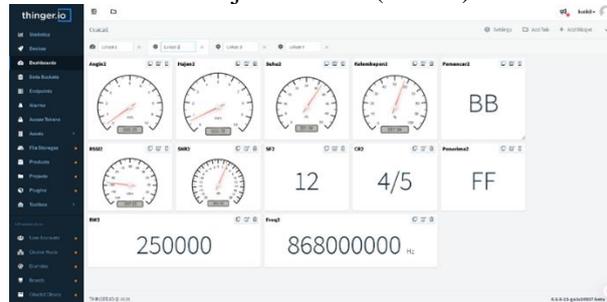
Tabel 6. Lokasi Dan Jarak Gate ke Node

Modul	Node1	Node22	Node33	Gate1	Gate2
Lokasi	Area Parkiran Fakultas Teknik				
Latitude	0° 3'31.32"S	0° 3'21.16"S	0° 3'22.02"S	0° 3'25.62"S	0° 3'25.62"S
Longitude	109°20'48.25 "E	109°20'48.03" E	109°20'51.16 "E	109°20'49.91 "E	109°20'49.91 "E
Jarak Uji1	50 m	65m	110m	0m	25m
Jarak Uji2	75 m	75m	120m	0m	25m
Jarak Uji3	100 m	85m	130m	0m	25m

Hasil pengujian ditunjukkan secara berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 19 sampai dengan Gambar 20



Gambar 19. Data Hasil Uji1 Lokasi1 (Node1) Node1-Gate1 50m



Gambar 20. Data Hasil Uji1 Lokasi2 (Node2) Node2-Gate1 65m

**KESIMPULAN**

Adapun berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat dan program yang dibuat berhasil mengirimkan data-data sensor cuaca dari Node ke Gate2 samapi ke penampil akhir berupa Smartphone dan laptop setelah memasuki jaringan internet menggunakan platform Thnger.io.
2. Mode komunikasi half duplex antara setiap Node dan Gate1 menjadikan data yang diperlukan untuk ditampilkan berasal dari sumber yang tepat, sebab alamat Node dan Gate1 kode Node merupakan kunci dari ketepatan komunikasi antar perangkat.
3. Variasi jarak jangkauan antara Node dan Gate1 dengan jarak terjauh 120m tidak mempengaruhi data yang diterima, hal ini dikarenakan indikator daya sinyal yang terima (RSSI) oleh Gate1 masih cukup baik yaitu lebih besar dari nilai ambang dari -120 dBm, demikian juga dengan daya noise (SNR) masih lebih besar dari nilai ambang -20 dB.

## Saran

1. Perlu dikembangkan jaringan LoRa dengan topologi yang lebih kompleks, yaitu topologi mesh, apabila Node bergerak menjauhi Gate1 sehingga daya sinyal yang diterima gate1 melemah maka gate terdekat dapat berkomunikasi dengan Node tersebut.
2. Untuk meningkatkan performa komunikasi LoRa maka diperlu digunakan material yang lebih baik, seperti kualitas antena, ketinggian antena yang cukup untuk menjaga kanal komunikasi bebas hambatan (LOS)

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Hamid, "Implementasi Sensor Dht-22 Dan Bmp-280 Sebagai Pembaca Perubahan Suhu Dan Kelembapan Serta Tekanan Udara Pada Stasiun Cuaca Portabel," vol. 11, no. 4, pp. 2541–2545, 2024.
- Alifia Sekar Ratri, Vecky C. Poekoel, and Arthur M. Rumagit, "Design Of Weather Condition Monitoring System Based On Internet Of Things," *J. Tek. Inform.*, vol. 17, no. 1, pp. 110, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika>
- B. Dwinanto and B. Yulianto, "Rancang Bangun Repeater Lora Rfm95 Dengan Frekuensi 915 Mhz Berbasis Esp32," *Cerdika J. Ilm. Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 109–125, 2024, doi: 10.59141/cerdika.v4i2.752.
- D. Manalu, "Sistem Monitoring Cuaca Berbasis Internet of Things (Iot) Menggunakan Blynk," 2023, [Online]. Available: <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/205999/sistem-monitoring-cuaca-berbasis-internet-of-things-iot-menggunakan-blynk-dalam-bentuk-pengganti-sidang-rancangan-karya-akhir.html>
- Erintafifah, "Mengenal Perangkat Lunak Arduino IDE," *KMtec.id*. Accessed: Dec. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.kmtech.id/post/mengenal-perangkat-lunak-arduino-ide>
- H. Andre, B. A. Sugara, B. Baharuddin, R. Fernandez, and R. W. Pratama, "Analisis Komunikasi Data Jaringan Nirkabel Berdaya Rendah Menggunakan Teknologi Long Range (LoRa) di Daerah Hijau Universitas Andalas," *J. Ecotipe (Electronic, Control. Telecommun. Information, Power Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v9i1.2480.
- H. Andre, B. A. Sugara, B. Baharuddin, R. Fernandez, and R. W. Pratama, "Analisis Komunikasi Data Jaringan Nirkabel Berdaya Rendah Menggunakan Teknologi Long Range (LoRa) di Daerah Hijau Universitas Andalas," *J. Ecotipe (Electronic, Control. Telecommun. Information, Power Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v9i1.2480.
- Hope Microelectronics, "RFM95W/96W/98W v2.0," *Datasheets*, pp. 1–123, 2018.
- I. G. A. Gunadi and D. O. Rachmawati, "Review Penggunaan Sensor Pada Aplikasi IOT," *Wahana Mat. dan Sains J. Mat. Sains, dan Pembelajarannya*, vol. 16, no. 3, pp. 1858–0629, 2022.
- M. S. Ummah, "Antena, Fungsi, Karakter," *Sustain.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2019.
- P. S. Ignatius Arias Nurdianto Teknik Nasional, "Monitoring Data Curah Hujan Berbasis Internet of Things (IoT)," 2020.
- R. Delian Fazira, Jamaluddin, "Rancang bangun alat pengukur kecepatan angin dan intensitas hujan berbasis iot," *Tektro, J.*, vol. 06, no. 02, pp. 164–170, 2022.
- R. Indonesia, "Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2009 Tentang Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika," *Tambah. Lembaran Negara Republik Indones. Nomor 5058*, pp. 1–60, 2009, [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/38769/uu-no-31-tahun-2009>
- R. R. Nadiansyah, "Sistem Pengendali Kipas Angin Berbasis Nodemcu Esp8226," *Univ. Teknol. Digit. Indones.*, pp. 3–10, 2018, [Online]. Available: <http://eprints.akakom.ac.id/id/eprint/8173>
- R. Samsinar, R. Septian, and F. Fadliandi, "Alat Monitoring Suhu Kelembapan dan Kecepatan Angin dengan Akuisisi Database Berbasis Raspberry Pi," *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOMputeR)*, vol. 3, no. 1, p. 29, 2020, doi: 10.24853/resistor.3.1.29-36.
- R. Santosa, P. A. Sari, and A. T. Sasongko, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Berbasis IoT

- (Internet of Thing) pada Gudang Penyimpanan PT Sakafarma Laboratories,” J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis, vol. 5, no. 4, pp. 391–400, 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i4.943.
- S. Suhaeb, Y. Abd Djawad, H. Jaya, Ridwansyah, Sabran, and A. Risal, “Mikrokontroler dan Interface,” Buku Ajar Jur. Pendidik. Tek. Elektron. UNM, pp. 23, 2017, [Online]. Available: [https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as\\_sdt=0,5&q=jurnal+artikel+ilmiah&btnG=](https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0,5&q=jurnal+artikel+ilmiah&btnG=)
- T. Sugiyanto, “Rancang bangun sistem monitoring Cuaca internet of things (IoT),” Inst. Teknol. Telkom Purwokerto, vol. 02, no. 01, pp. 1–5, 2020.
- Tri Sulistyorini, Nelly Sofi, and Erma Sova, “Pemanfaatan Nodemcu Esp8266 Berbasis Android (Blynk) Sebagai Alat Alat Mematikan Dan Menghidupkan Lampu,” J. Ilm. Tek., vol. 1, no. 3, pp. 40–53, 2022, doi: 10.56127/juit.v1i3.334.