

RANCANG BANGUN STASIUN CUACA BERBASIS *WIRELESS SENSOR NETWORK* DENGAN LORA SX1278

Firda Aini Zulafah¹

Program Studi D4 Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
Email: firdaaz72@gmail.com

Denda Dewatama¹

Program Studi D4 Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
Email: denda.dewatama@polinema.ac.id

Siswoko¹

Program Studi D4 Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
Email: siswoko@polinema.ac.id

ABSTRACTS : Paragliding is a type of free-flying sport using cloth wings, commonly called a parachute. At the time of takeoff, this sport utilizes the thrust generated by the wind and lands using the feet. Based on the available data, there are still many tourists and amateur paragliding users who have difficulty finding weather information in the takeoff and landing areas. Weather is an important factor in this sport to minimize accidents and avoid flight failures due to not being able to control a parachute hit by strong winds. Therefore, based on the existing problems, a system is needed that can provide weather condition data for takeoff and landing safety with wind speed parameters using an anemometer sensor, for temperature and humidity using a DHT-22 sensor, and a wind direction sensor using a Wind Vane Direction sensor. The data processed by the Arduino Mega2560 will be displayed on a 20×4 LCD (Liquid Crystal Display). The results of the process are also sent through a data transmission system using LoRa (Long Range) technology. From the results of the tests carried out, it shows that the functionality of all sensors is running as it should. The average calibration error of the DHT sensor data is 22 for temperature, 2,14 % and humidity, 1,37% and the wind speed sensor is 2,85 %. In addition, the LoRa communication test between the node and the gateway shows good results with the average RSSI (Received Signal Strength Indicator) value at node 1 being -77 dBm and node 2 being -34 dBm.

Keyword: Paragliding, Takeoff, Landing, DHT 22, Anemometer, Wind Vane Direction, LoRa SX1278

ABSTRAK: Paralayang merupakan salah satu jenis olahraga terbang bebas dengan menggunakan sayap kain atau biasa disebut dengan parasut. Pada saat lepas landas olahraga ini memanfaatkan gaya dorong yang dihasilkan oleh angin dan mendarat menggunakan kaki. Berdasarkan data yang ada masih banyak wisatawan maupun pengguna paralayang amatir yang mengalami kesulitan untuk mengetahui informasi cuaca pada area lepas landas dan pendaratan. Cuaca menjadi faktor penting dalam olahraga ini untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan dan menghindari terjadinya gagal terbang akibat tidak bisa mengendalikan parasut yang diterpa angin kencang. Maka dari itu, berdasarkan permasalahan yang ada diperlukan suatu sistem yang dapat memberikan data kondisi cuaca untuk keselamatan lepas landas dan mendarat dengan parameter kecepatan angin yang menggunakan sensor Anemometer, untuk suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT 22, dan sensor arah angin menggunakan sensor *Wind Vane Direction* dan data yang diproses oleh Arduino Mega2560 ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*) 20×4, hasil dari proses tersebut juga dikirim melalui sistem transmisi data dengan menggunakan teknologi LoRa (*Long Range*). Dari hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa fungsionalitas semua sensor sudah berjalan sebagaimana mestinya, rata-rata kesalahan kalibrasi data sensor DHT 22 untuk suhu 2,14% dan kelembaban 1,37%, dan sensor kecepatan angin sebesar 2,85%. Selain itu pengujian komunikasi LoRa antara *node* dan *gateway* menunjukkan hasil yang baik dengan nilai RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) rata-rata pada *node* 1 adalah -77 dBm dan *node* 2 adalah -34 dBm.

Kata Kunci : Paralayang, *Takeoff*, *Landing*, DHT 22, Anemometer, *Wind Vane Direction*, LoRa SX1278

PENDAHULUAN

Paralayang adalah salah satu jenis olahraga terbang bebas yang menggunakan sayap kain yang biasa disebut parasut. Ini adalah olahraga yang menggunakan dorongan angin untuk lepas landas dan mendarat di tanah. Beberapa jenis angin yang dapat menerbangkan paralayang yaitu angin naik yang menabrak lereng (*dynamic lift*) dan angin naik yang disebabkan thermal (*thermal lift*). Para wisatawan dan pengguna amatir yang akan terbang perlu mengetahui keadaan angin (kecepatan dan arah), suhu dan kelembaban pada lokasi *takeoff* dan *landing*.

Berdasarkan fakta yang terjadi pada berita online Merdeka.com pada tahun 2017, banyak wisatawan maupun pengguna paralayang amatir yang hendak melakukan olahraga paralayang kesulitan mencari informasi cuaca pada area *takeoff* dan *landing*. Salah satu penerjun profesional dari anggota DPRD yang bernama Muara Enim, Sumatera Selatan menjadi korban dalam kecelakaan olahraga paralayang di Kota Batu, Jawa Timur akibat gagal mengendalikan parasut paralayang yang diterpa angin kencang.

¹ Program Studi D4 Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

Salah satu lokasi yang digunakan untuk *takeoff* dan *landing* paralayang berada di Gunung Banyak, Songgoriti, Kota Batu. Obyek wisata Gunung Banyak yang menyediakan wisata olahraga paralayang dengan waktu yang maksimal sampai pukul 17.00 WIB pada bulan April – Oktober dikarenakan angin pada bulan tersebut aman untuk melakukan olahraga paralayang [1]. Di Gunung Banyak jarak *takeoff* dan *landing* adalah 1000 m sedangkan untuk tingkat kemiringan lereng gunung kurang lebih 40° . Untuk mengetahui kondisi cuaca pada kedua daerah tersebut dibutuhkan suatu alat yang terhubung secara *wireless* (telemetri). Menggunakan sistem transmisi data berbasis *wireless* merupakan sebuah alternatif yang dapat memudahkan pengguna dengan mengurangi tingkat kerumitan pada jaringan [2].

Sistem pengukuran jarak jauh atau bisa disebut juga dengan telemetri awalnya hanya digunakan pada sistem pemantau cuaca dan bencana, seperti monitoring gelombang air laut, monitoring gempa bumi dan lain-lain. Salah satu teknologi yang mendukung transmisi data adalah *Wireless Sensor Network* (WSN). WSN merupakan salah satu teknologi jaringan yang berkembang pesat yang menyebabkan kemajuan pada bidang komunikasi [3]. Keunggulan dari teknologi *wireless* adalah mudah diaplikasikan, jarak yang jauh hingga 10 km dan biaya pemasangan yang rendah. Pada saat ini sistem monitoring *wireless* yang telah banyak dilakukan dan mendukung adalah LoRa (*Long Range*) [4].

Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan suatu sistem yang dapat memberikan data kondisi cuaca untuk keselamatan *takeoff* dan *landing* paralayang dengan parameter kecepatan angin yang menggunakan sensor Anemometer, untuk suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT 22, dan sensor arah angin menggunakan sensor *Wind Vane Direction* dan data yang diproses oleh Arduino Mega2560 akan ditampilkan pada LCD 20×4, hasil proses tersebut juga dikirim melalui sistem transmisi data yang digunakan adalah teknologi LoRa (*Long Range*) SX1278, sehingga penulis melakukan penelitian yang berjudul “**Rancang Bangun Stasiun Cuaca Berbasis Wireless Sensor Network dengan LORA SX1278**”.

TINJAUAN PUSTAKA

Paralayang

Wisata Paralayang yang terletak di Puncak Gunung Banyak Kota Batu yang memiliki ketinggian kurang lebih 1.300mdpl dengan tingkat kemiringan 40° dan jarak *takeoff* dengan *landing* sekitar 1000 m seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Berdasarkan hasil wawancara kepada pihak pengelola, kondisi cuaca yang terdapat di paralayang rata-rata cerah (tidak berawan) dengan rentang suhu $10 - 40^\circ\text{C}$ dan kecepatan angin 0 sampai 5,6 m/s atau sebesar 0 sampai 20 km/jam. Apabila terjadinya perubahan suhu yang tidak sesuai maka akan berpengaruh juga terhadap cuaca guna untuk performa terbang paralayang.



■ **Gambar 1.** Peta Paralayang berdasarkan *Google Earth*

Faktor eksternal yang mempengaruhi salah satunya adalah kondisi alam sangat penting untuk diperhatikan dalam aktivitas wisata paralayang. Karena wisata ini menggunakan sumber daya alam sebagai sumber daya utama yaitu angin, ketika angin tidak bersahabat atau lebih kencang dari biasanya maka aktivitas terbang dengan parasut ini tidak diperbolehkan untuk meminimalisir resiko kecelakaan.

Stasiun Cuaca

Stasiun cuaca adalah suatu fasilitas dengan instrumen pengamatan kondisi fisik atmosfer suatu lokasi pada saat tertentu atau dalam periode jangka pendek (maksimum harian). Pengukuran biasanya dilakukan terhadap salah satu atau beberapa besaran berikut, yaitu: suhu, tekanan udara, kelembaban, kecepatan angin, arah

angin, dan jumlah precipitation.

Sensor DHT22

Sensor DHT22 merupakan sensor yang dapat difungsikan mendeteksi perubahan suhu dan kelembaban dengan keluaran berupa data digital sehingga tidak memerlukan proses ADC.

Sensor Anemometer (Kecepatan Angin)

Anemometer adalah suatu sensor untuk mengukur kecepatan angin. Anemometer bekerja dengan tegangan 5V serta menggunakan sensor *optic* tipe celah. *Output* dari sensor anemometer berupa pulsa digital.

Sensor Wind Vane Direction (Arah Angin)

Wind Vane Direction berupa sirip yang digunakan sebagai acuan dari mana arah angin datang. Pengukuran arah angin digunakan berupa sirip yang memiliki bentuk yang tidak simetris. Arah angin dibuat dari dua bagian, pada bagian A mendapatkan tekanan angin lebih besar dari pada bagian B, karena bagian A memiliki penampang yang lebih besar dari bagian B.

Arduino Mega2560

Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Arduino Mega2560 berfungsi sebagai pusat pengendalian dan pengolahan data yang dapat diprogram dengan bahasa Arduino.

Real Time Clock DS3231

Real time clock atau RTC merupakan suatu chip yang digunakan sebagai penyimpan waktu dan tanggal secara akurat. RTC dapat diintegrasikan dengan Arduino Mega2560 melalui pin SCA dan SCL. IC RTC berjalan menggunakan sumber daya alternatif yang memungkinkan untuk terus beroperasi dibawah daya yang rendah atau ketika komputer dimatikan.

Liquid Crystal Display (LCD)

LCD merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menampilkan suatu ukuran besaran atau angka, sehingga dapat dilihat dan ketahui melalui tampilan layar kristalnya. LCD berfungsi sebagai penampil data waktu dari sensor dan RTC (pewaktu) dan parameter dari kecepatan angin, suhu dan kelembaban, dan arah angin.

Wireless Sensor Network (WSN)

WSN atau *Wireless Sensor Network* merupakan jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa alat sensor yang saling bekerjasama untuk memonitor fisik dan kondisi lingkungan seperti *temperature*, suara, getaran atau gempa, polusi udara dan lain sebagainya.

LoRa SX1278

LoRa yang menyediakan jangkauan penyebaran spektrum ultra long dan memiliki interferensi tinggi untuk meminimalkan konsumsi daya. Menggunakan teknik modulasi LoRa yang diproduksi oleh Semtech, SX1278 dapat mencapai sensitivitas lebih dari -148 dBm menggunakan bahan kristal dengan biaya rendah. Sensitivitas tinggi yang dikombinasikan dengan penguat daya +20 dBm terintegrasi menghasilkan *link budget* yang menjadikannya optimal untuk aplikasi apa pun yang membutuhkan jarak jangkauan yang jauh [4].

LoRa memberikan keuntungan yang signifikan dalam pemblokiran dan selektivitas atas teknik modulasi konvensional, memecahkan masalah jarak jangkauan, gangguan kekebalan dan konsumsi energi. Pada Tabel 1 merupakan perbandingan teknologi komunikasi nirkabel lainnya.

■ **Tabel 1.** Perbandingan beberapa teknologi komunikasi nirkabel

<i>Type</i>	<i>Distance</i>	<i>Maximum Rate</i>	<i>Power compsumtion</i>
<i>Bluetooth</i>	10 m	2 m/s	<i>LOW</i>
LoRa	0-15 km	600 kb/s	<i>LOW</i>
Wi-Fi	0-60 m	54 m/s	<i>HIGH</i>
Zigbee	0-1500 m	250 kb/s	<i>LOW</i>

Alarm

Alarm merupakan alat yang dapat menghasilkan suara keras berfungsi sebagai pemberi peringatan. Alarm ini memberi peringatan yang diletakkan pada posisi *takeoff* dan *landing*.

Received Signal Strength Indicator (RSSI)

RSSI merupakan daya sinyal yang diterima dalam melewati miliwatt dan diukur dalam satuan dBm. Dalam komunikasi LoRa, RSSI dinyatakan sebagai penilaian bagaimana perangkat *receiver* dapat merespon sinyal dari pengirim.

Line of sight (LOS)

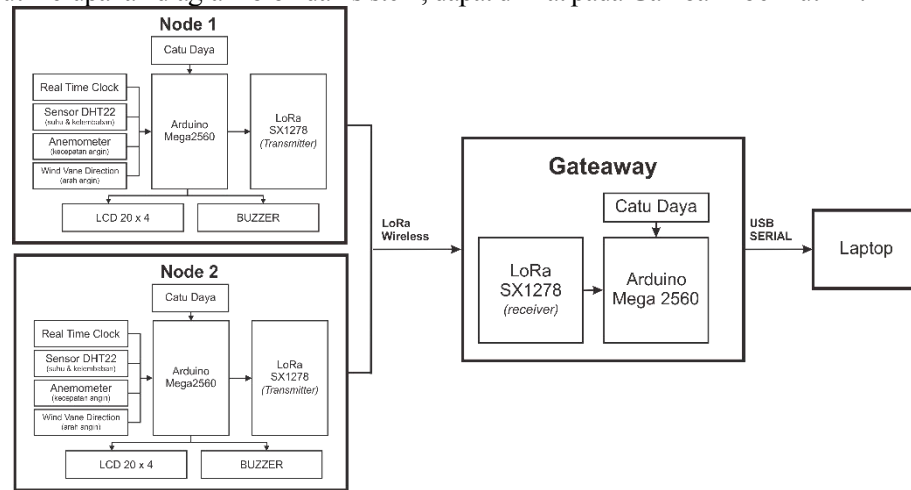
Line of sight adalah suatu teknik pentransmisian sinyal dimana antara dua terminal yang saling

berhubungan benar-benar tidak ada *obstacle* yang menghalanginya (bebas pandang) sehingga sinyal dari pengirim dapat langsung mengarah dan diterima di sisi penerima.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Blok Sistem

Berikut merupakan diagram blok dari sistem, dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini :



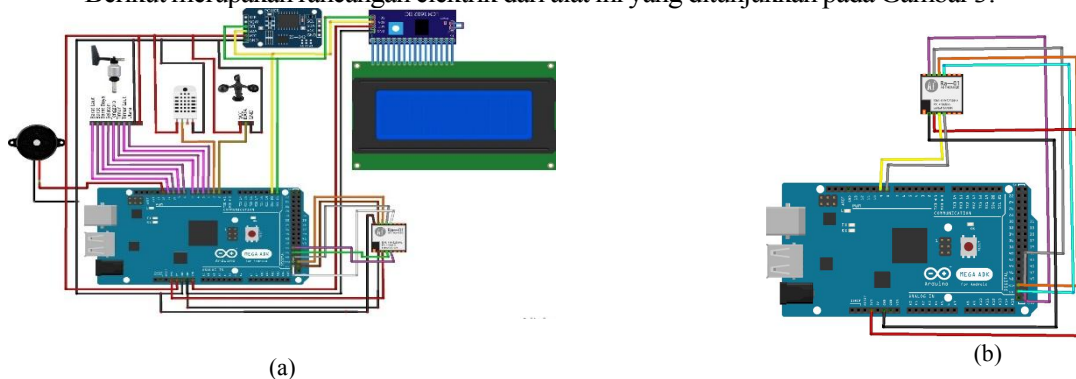
■ Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Setiap *node* terdiri atas catu daya baterai sebagai sumber daya perangkat, Arduino Mega2560 sebagai pengolah data dari masing-masing sensor DHT 22 yang bertujuan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban, Anemometer bertujuan untuk mendeteksi kecepatan angin, dan *Wind Vane Direction* bertujuan untuk mendeteksi arah angin, LCD 20×4 sebagai penampil data dan LoRa SX1278 sebagai pengirim data dari *node* 1 dan *node* 2 ke *gateway* yang terhubung secara *wireless*. Ketika kecepatan angin, melebihi batas maka akan ada tampilan notifikasi pada LCD. Apabila kecepatan angin melewati batas >5,6 m/s maka notifikasi “WASPADA” akan muncul pada LCD dan alarm akan berbunyi memberikan peringatan yang memiliki larangan tidak boleh ada aktivitas *Takeoff* atau terbang, apabila kecepatan angin <5,6 m/s maka notifikasi yang muncul adalah “AMAN”. Sedangkan untuk parameter arah angin yang ditampilkan pada LCD adalah utara, timur laut, timur, tenggara, selatan, barat daya, barat, barat laut.

Node Gateway berfungsi untuk menerima data dari *transmitter node* 1 dan 2. Perangkat *gateway* ini terdiri dari LoRa SX1278 sebagai penerima (*receiver*) data dan Arduino Mega2560 sebagai pengolah data dan ditampilkan pada *serial monitor* Arduino IDE yang di akses melalui laptop.

Perancangan Elektrik

Berikut merupakan rancangan elektrik dari alat ini yang ditunjukkan pada Gambar 3.



■ Gambar 3. Perancangan Elektrik (a) Rangkaian *Node* (b) Rangkaian *Receiver*

Perancangan Mekanik

Berikut merupakan keterangan spesifikasi mekanik yang telah dibuat :

1. Box mempunyai dimensi panjang : 20 cm dan tinggi : 30 cm yang didalamnya terdapat LoRa SX1278, Arduino Mega2560, *Real Time Clock*, dan LCD 20×4.
2. Tiang penyangga memiliki tinggi 150 cm yang dimana pada bagian sayap mempunyai panjang masing-masing 30 cm terdapat sensor *Wind Vane Direction* (arah angin) terletak pada bagian kanan, sensor

anemometer (kecepatan angin) terletak pada bagian kiri, dan sensor DHT22 (suhu dan kelembaban) terletak pada tengah.

3. Bahan mekanik terbuat dari *aluminium hollow*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian LCD 20×4

Tujuan dari pengujian LCD 20×4 ini adalah untuk mengetahui LCD tersebut dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan datasheet dengan menampilkan 20 karakter dalam 4 baris seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.



■ Gambar 4. Pengujian LCD 20×4

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan kata “Hello, World” terletak pada kolom 3 baris 0. Untuk “SKRIPSI 2021” terletak pada kolom 3 baris 1. Sedangkan “Stasiun Cuaca” terletak pada kolom 3 baris 2. Dan untuk Power By Firda!” terletak pada kolom 2 baris 3.

Pengujian Real Time Clock (RTC DS3231)

Pengujian RTC DS3231 bertujuan untuk mengetahui RTC DS3231 tersebut dapat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan untuk mendeteksi waktu dengan akurat dan ditampilkan pada LCD dapat dilihat pada Tabel 2.

■ Tabel 2. Hasil Pengujian RTC DS3231

No.	Waktu pada Laptop (Jam, Menit, Detik)	RTC DS3231 (Jam, Menit, Detik)	Keterangan
1.	12/10/2021 22:29:57	12/10/2021 22:29:57	Sesuai
2.	12/10/2021 22:41:32	12/10/2021 22:41:32	Sesuai
3.	12/10/2021 22:50:15	12/10/2021 22:50:15	Sesuai
4.	12/10/2021 23:04:03	12/10/2021 23:04:03	Sesuai
5.	12/10/2021 23:27:16	12/10/2021 23:27:16	Sesuai

Dari hasil pengujian pada Tabel 2, RTC dapat menampilkan waktu sesuai setting waktu yang dilakukan sebelumnya yaitu pada `code rtc.adjust(DateTime(2021, 9, 21, 16, 20, 0));` yang dimana 2021 merupakan tampilan tahun, angka 9 merupakan tampilan untuk *setting* bulan, dan angka 21 merupakan tampilan untuk *setting* tanggal. Sedangkan untuk tampilan jam terdapat pada angka 16, untuk tampilan menit terdapat pada angka 20, dan untuk tampilan detik terdapat pada angka 0. Jadi, ketika `code` tersebut di upload maka akan tampil pada LCD seperti pada Gambar 5.



■ Gambar 5. Pengujian RTC DS3231 dengan Waktu yang ditunjukkan pada Laptop

Pengujian Sensor DHT22

Pengujian Sensor DHT 22 bertujuan untuk mengetahui karakteristik sensor tersebut dapat berfungsi

dengan baik dan dapat digunakan sebagai mendeteksi nilai cuaca dan kelembaban udara sesuai *range* dengan *datasheet*. Hasil pengujian parameter suhu dari Sensor DHT 22 dibandingkan dengan alat ukur standard yaitu *ThermoHygrometer* dengan pengambilan data sebanyak 10 *sample* dengan rata-rata *error* 1,8 %. Penjelasan lebih detail dapat dilihat pada Tabel 3.

■ **Tabel 3.** Hasil Pengujian Sensor DHT 22 Parameter Suhu (°C) dengan *ThermoHygrometer*

No.	DHT 22	Thermo	Selisih	%Error
1	39,1	38,4	-0,7	1,8
2	38,3	38,6	0,3	0,7
3	37,7	38,1	0,4	1
4	37,3	37,8	0,5	1,3
5	25,8	25,4	-0,4	1,5
6	23,6	24,8	1,2	4,8
7	22,1	23,1	1	4,3
8	21,5	21,7	0,2	0,9
9	20,6	20,1	-0,5	2,4
10	14,9	14,9	0	0
Rata-Rata	28	28,2	0,2	1,8

Sedangkan, hasil pengujian parameter kelembaban dengan rata-rata *error* 3,1 % yang ditunjukkan pada Tabel 4 berikut ini :

■ **Tabel 4.** Hasil Pengujian Sensor DHT 22 Parameter Kelembaban (%RH) dengan *ThermoHygrometer*

No.	DHT 22	Thermo	Selisih	%Error
1	47,5	47	-0,5	1,1
2	48,7	49	0,2	6,1
3	49,5	50	0,4	0,8
4	51,5	53	1,4	2,8
5	58,4	56	2,4	4,3
6	59,6	58	1,6	2,8
7	60,8	59	1,8	11,6
8	61,0	61	-0,1	0,1
9	62,1	63	0,8	1,3
10	74,6	74	-0,6	0,8
Rata-rata	57,4	57	0,7	3,1

Pengujian Kecepatan Angin (Anemometer)

Tujuan dari sensor Anemometer atau kecepatan angin digunakan untuk mengetahui sensor tersebut dapat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan untuk mendeteksi nilai kecepatan angin yang didapat melalui putaran cup tersebut.

■ **Tabel 5.** Data pengujian Sensor Anemometer dengan GM816

No.	Sensor Anemometer	Alat Kalibrasi GM816	Selisih	% Error	Hasil Konversi m/s ke km/h
1	0,96	0,9	-0,1	6,6	3,4
2	1,07	1	-0,1	7	3,8
3	1,75	1,8	0,1	2,7	6,3
4	2,26	2,3	0,1	1,7	8,1
5	2,77	2,9	0,1	4,4	9,9
6	2,94	2,9	-0,1	1,3	10,5
7	3,22	3,2	0	0,6	11,5
8	3,68	3,7	0	0,5	13,2
9	3,73	3,8	0,1	1,8	13,4
10	4,18	4,1	-0,1	1,9	15
Rata-rata				2,8	9,5

Pada pengujian ini kipas angin sebagai sumber angin dengan pengambilan sample sebanyak 10 kali. Data yang ditunjukkan pada Tabel 5, merupakan data hasil pengujian yang dibandingkan dengan alat ukur standar GM816 dan dibantu oleh angin buatan dari kipas angin dengan rata-rata kecepatan angin yang diperoleh adalah 2,65 m/s apabila dikonversi dengan satuan km/h adalah 9,5 jadi nilai tersebut pada skala *Beaufort* termasuk dalam kategori *Slight Breeze* (angin sepoi lemah).

Kemudian pada sensor anemometer didapat nilai dengan rata-rata presentase nilai *error* sebesar 2,85%.

Error bisa disebabkan karena kesalahan pada pembacaan alat dan lingkungan sekitar.

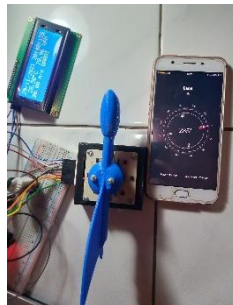
Pengujian Arah Angin (*Wind Vane Direction*)

Tujuan dari pengujian sensor arah angin (*Wind Vane Direction*) adalah untuk mengetahui sensor tersebut dapat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan untuk mendeteksi dari arah mana angin tersebut lewat dan mengenai penunjuk sirip. Terdapat 8 arah angin yang terdeteksi yaitu utara timur laut, timur, tenggara, selatan, barat daya, barat, dan barat laut.

■ **Tabel 6.** Data Pengujian Kalibrasi Sensor *Wind Vane Direction* dengan Kompas Digital

Sensor <i>Wind Vane Direction</i>	Kompas Digital		Keterangan
	Sudut (°)	Arah Angin	
Barat Daya	226	Barat Daya	Sesuai
Barat Laut	330	Barat Laut	Sesuai
Barat	285	Barat	Sesuai
Selatan	195	Selatan	Sesuai
Tenggara	156	Tenggara	Sesuai
Timur Laut	56	Timur Laut	Sesuai
Timur	110	Timur	Sesuai
Utara	16	Utara	Sesuai
Timur Laut	62	Timur Laut	Sesuai
Utara	0	Utara	Sesuai

Pada pengujian ini dilakukan pengambilan data sebanyak 10 kali dengan menggunakan kipas angin sebagai sumber angin yang diletakkan pada arah yang berbeda beda. Ketika sensor terhalang oleh sirip secara langsung sensor mengirimkan logika *high* dan *low* yang selanjutnya diolah pada mikrokontroler. Jika salah satu pin ada yang berlogika *low* maka arah yang terdeteksi akan diolah oleh mikrokontroler dan muncul pada LCD dan selanjutnya hasil yang terukur disesuaikan dengan menggunakan kompas digital sebagai alat standard pendeteksi arah angin, dapat dilihat pada Gambar 6.



■ **Gambar 6.** Pengujian sensor *Wind Vane Direction* dengan Kompas Digital

Pengujian LoRa SX1278

Pengujian LoRa SX1278 dilakukan dengan cara memvariasi jarak dari Tx ke Rx hingga mencapai jarak maksimum alat bisa berkomunikasi dan juga melakukan pengukuran RSSI dan juga daya sinyal yang diperoleh dari percobaan.

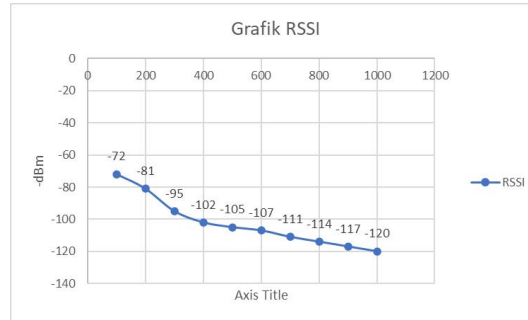
■ **Tabel 7.** Data Pengujian LoRa SX1278 untuk mengetahui nilai RSSI

Jarak (m)	RSSI (dBm)	Pengiriman Data
100	-66	Terkirim
200	-72	Terkirim
300	-81	Terkirim
400	-96	Terkirim
500	-101	Terkirim
600	-103	Terkirim
700	-105	Terkirim
800	-108	Terkirim
900	-112	Terkirim
1000	-114	Terkirim
1100	-117	Terkirim
1200	-120	Terkirim

Jarak (m)	RSSI (dBm)	Pengiriman Data
1300	-121	Kurang Stabil
1400	-120	Kurang Stabil
1500	-122	Tidak Terkirim

Setelah hasil pengujian dilakukan kualitas sinyal yang diberikan pada sistem *Wireless Sensor Network* dengan menggunakan LoRa ini dipengaruhi oleh jarak komunikasi antar *node*. Semakin jauh jarak antar *node* maka semakin kecil nilai dari RSSI yang dihasilkan.

Terbukti pada saat pengujian RSSI kondisi LOS tidak ada *obstacle* yang menghalangi komunikasi antar *node*. Ketika *node* berjarak 100 m memiliki nilai RSSI -62 dBm sedangkan pada jarak 200 m memiliki nilai RSSI -72 dBm dan terus mengalami penurunan nilai RSSI sampai dengan jarak maksimal pengiriman yaitu pada jarak 1500 m dengan nilai RSSI -122 dBm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



■ Gambar 7. Grafik pengujian RSSI

Pengujian Sistem Keseluruhan

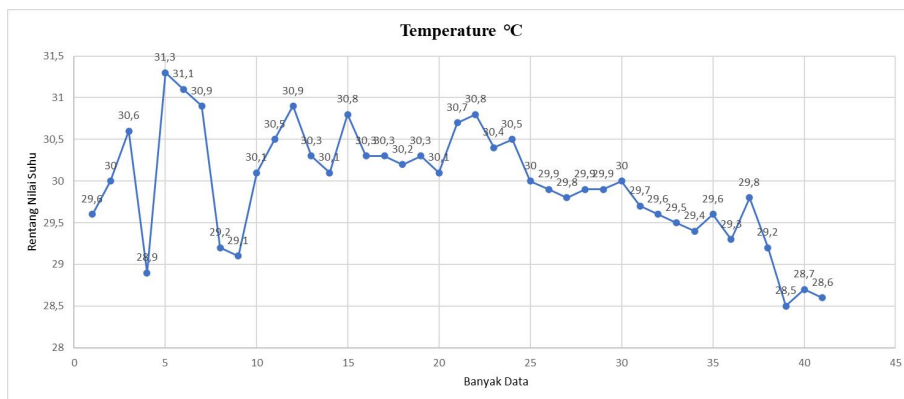
Setelah perancangan alat selesai dilakukan, kemudian tahap berikutnya adalah pengujian keseluruhan untuk mengetahui apakah perancangan alat sesuai dengan tujuan awal. Berikut ini adalah tampilan Tabel 8 hasil pengujian *Node 1* dan tabel 9 pengujian *Node 2* yang telah diterima oleh *Gateway*:

■ Tabel 8. Data Pengujian *Node 1* pada *Gateway*

No.	Waktu	Node 1				
		Temperature (°C)	Humidity (%)	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	RSSI (dBm)
1	10.31 WIB	29,6	62,1	2,4	Timur	-80
2	10.41 WIB	30	61,4	0,2	Timur	-81
3	10.51 WIB	30,6	62,0	0,2	Tenggara	-76
4	11.00 WIB	28,9	63,4	1,5	Barat	-77
5	11.10 WIB	31,3	60,9	0,0	Timur Laut	-83
6	11.20 WIB	31,1	60,6	0,1	Barat Daya	-88
7	11.30 WIB	30,9	61,6	0,9	Selatan	-77
8	11.40 WIB	29,2	62,7	1,3	Barat Daya	-75
9	11.50 WIB	29,1	63,6	0,6	Timur	-74
10	12.00 WIB	30,1	63,2	1,6	Timur Laut	-78
11	12.10 WIB	30,5	63,0	0,2	Selatan	-94
12	12.20 WIB	30,9	62,1	2,8	Utara	-87
13	12.30 WIB	30,3	63,5	1,3	Barat Laut	-79
14	12.40 WIB	30,1	64,4	1,4	Selatan	-77
15	12.50 WIB	30,8	63,3	1,1	Barat	-75
16	13.00 WIB	30,3	64,8	0,2	Timur Laut	-75
17	13.10 WIB	30,3	64,3	1,6	Timur	-74
18	13.20 WIB	30,2	66,8	0,7	Utara	-78
19	13.30 WIB	30,3	66,1	0,8	Selatan	-75
20	13.40 WIB	30,1	65,0	2,5	Utara	-71
21	13.50 WIB	30,7	64,7	1,2	Barat Daya	-73
22	14.00 WIB	30,8	65,1	0,5	Barat	-70
23	14.10 WIB	30,4	64,7	1,1	Timur Laut	-83
24	14.20 WIB	30,5	65,7	0,3	Barat Laut	-73
25	14.30 WIB	30	64,1	0,7	Utara	-71
26	14.40 WIB	29,9	63,8	0,9	Barat Laut	-72
27	14.50 WIB	29,8	64,0	0,8	Timur	-74

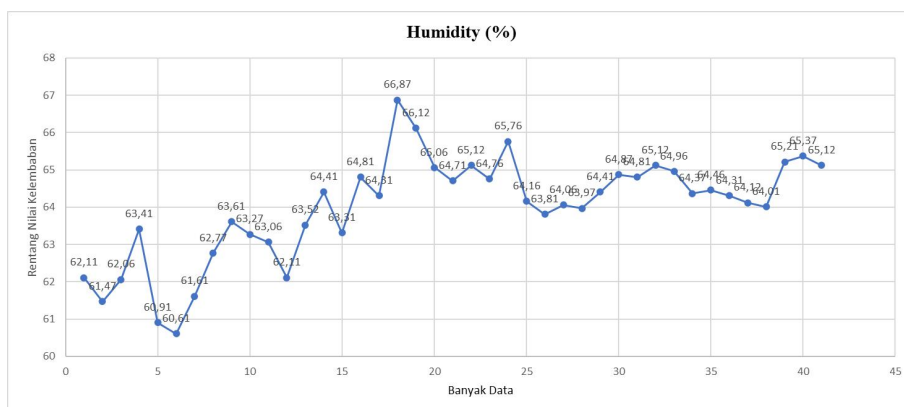
No.	Waktu	Node 1				
		Temperature (°C)	Humidity (%)	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	RSSI (dBm)
28	15.00 WIB	29,9	63,9	1,9	Barat Daya	-75
29	15.10 WIB	29,9	64,4	1,1	Selatan	-74
30	15.20 WIB	30	64,8	1,2	Selatan	-81
31	15.30 WIB	29,7	64,8	0,4	Timur	-80
32	15.40 WIB	29,6	65,1	0,7	Utara	-75
33	15.50 WIB	29,5	64,9	1,5	Barat Laut	-73
34	16.00 WIB	29,4	64,3	0,1	Barat	-72
35	16.10 WIB	29,6	64,4	1,6	Barat Daya	-79
36	16.20 WIB	29,3	64,3	1,9	Timur Laut	-75
37	16.30 WIB	29,8	64,1	2,0	Tenggara	-78
38	16.40 WIB	29,2	64,0	1,9	Utara	-72
39	16.50 WIB	28,5	65,2	1,7	Barat Laut	-82
40	17.00 WIB	28,7	65,3	1,0	Timur	-83
41	17.10 WIB	28,6	65,1	0,4	Barat	-77

Tabel 8 merupakan hasil pengujian *Node 1* secara keseluruhan, data diambil dari *receiver Gateway*. Untuk sensor kecepatan angin, sensor arah angin, sensor suhu dan kelembaban udara yang menampilkan data kurang lebih setiap 10 menit sekali dalam jangka waktu satu hari pada tanggal 23 Januari 2022 jam 10.31 WIB sampai dengan jam 17.10 WIB sebanyak 41 data. Sehingga didapatkan rentang nilai perubahan suhu mulai dari 28,5°C sampai 31,3°C, nilai kelembaban udara 60,6 %RH sampai 66,8 %RH, nilai kecepatan angin terjadi perubahan 0,1 m/s hingga 2,8 m/s, dan pembacaan sensor arah angin yang disertai dengan jarak pengiriman RSSI dari LoRa SX1278 rata-rata -77 dBm.



■ Gambar 8. Grafik Pengujian Suhu Udara *Node 1*

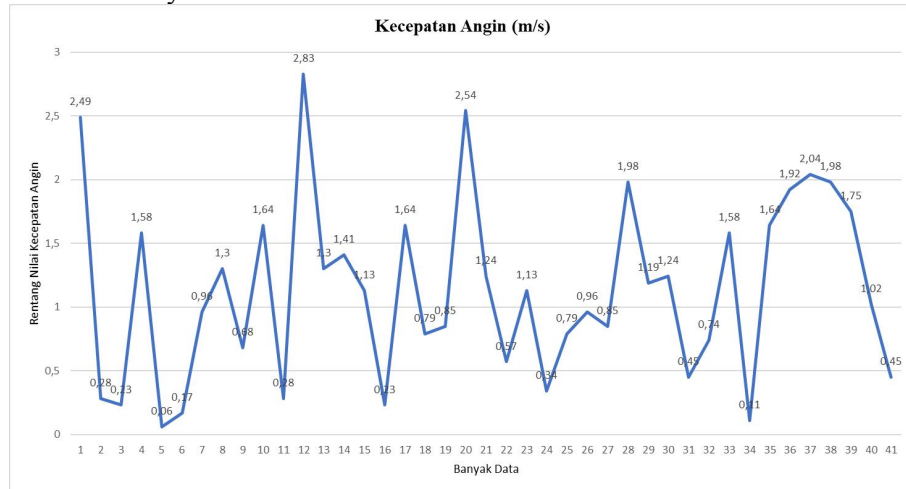
Berdasarkan Gambar 8, dapat dilihat bahwa suhu udara nilai tertinggi adalah 31,3 °C pada jam 11.10 WIB karena cuaca siang hari akan terasa lebih panas, sedangkan yang terendah adalah 28,5 °C pada jam 16.50 WIB yang dimana cuaca sore hari sudah mulai menuju dingin.



■ Gambar 9. Grafik Pengujian Kelembaban Udara *Node 1*

Berdasarkan Gambar 9, dapat dilihat bahwa kelembaban udara nilai terendah adalah 60,6 °C pada jam 11.20 WIB karena cuaca siang hari akan terasa lebih panas sehingga kelembaban lebih rendah. Sedangkan nilai kelembaban yang tertinggi adalah 66,8 °C pada jam 16.50 WIB yang dimana cuaca sore hari sudah mulai menuju dingin dan nilai kelembaban akan bertambah.

Kelembaban udara sendiri berbanding terbalik dengan suhu udara. Semakin tinggi suhu udara, maka kelembaban udaranya semakin kecil.



■ **Gambar 10.** Grafik Pengujian Kecepatan Angin *Node 1*

Berdasarkan Gambar 10, dapat dilihat bahwa kecepatan angin nilai terendah adalah 0,1 m/s pada jam 11.10 WIB. Apabila nilai kecepatan angin tersebut dikonversikan dari m/s terhadap km/h menjadi 0,2 km/h dan angin tersebut masuk dalam kategori skala *Calm* (Teduh).

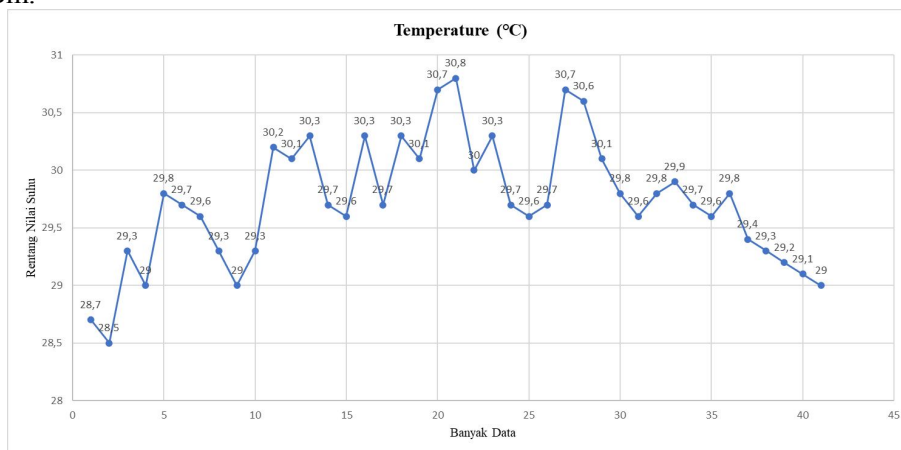
Sedangkan nilai kelembaban yang tertinggi adalah 2,8 m/s pada jam 12.20 WIB. Apabila nilai kecepatan angin tersebut dikonversikan dari m/s terhadap km/h menjadi 10,1 km/h dan angin tersebut masuk dalam kategori skala *Slight breeze* (angin sepoi lemah).

■ **Tabel 9.** Data Pengujian *Node 2* pada *Gateway*

No.	Waktu	Node 2				
		Temperature (°C)	Humidity (%)	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	RSSI (dBm)
1	10.31 WIB	28,7	65,9	0,1	Barat Daya	-41
2	10.42 WIB	28,5	64,8	1,7	Barat Daya	-42
3	10.50 WIB	29,3	64,9	0,6	Selatan	-42
4	11.00 WIB	29	65,0	1,4	Selatan	-34
5	10.10 WIB	29,8	64,4	1,5	Barat	-36
6	11.22 WIB	29,7	63,9	0,7	Barat Daya	-34
7	11.33 WIB	29,6	64,4	0,2	Barat	-43
8	11.42 WIB	29,3	64,3	0,8	Barat Daya	-41
9	11.51 WIB	29	65,7	1	Barat Daya	-55
10	12.00 WIB	29,3	65,8	0,2	Timur Laut	-43
11	12.10 WIB	30,2	63,7	0,8	Selatan	-38
12	12.21 WIB	30,1	66,3	1,9	Barat Laut	-44
13	12.31 WIB	30,3	65,0	0,5	Utara	-41
14	12.41 WIB	29,7	66,0	0,2	Selatan	-43
15	12.52 WIB	29,6	65,9	0,1	Barat Daya	-37
16	13.01 WIB	30,3	64,4	1,8	Timur Laut	-37
17	13.11 WIB	29,7	66,3	0,6	Selatan	-38
18	13.22 WIB	30,3	66,6	0,3	Utara	-45
19	13.30 WIB	30,1	65,4	0,2	Timur Laut	-39
20	13.40 WIB	30,7	65,3	1	Utara	-39
21	13.50 WIB	30,8	65,0	0,4	Barat Daya	-38
22	14.00 WIB	30	66,1	1	Barat	-40
23	14.10 WIB	30,3	64,7	0,3	Barat Daya	-38
24	14.20 WIB	29,7	66,5	0,9	Selatan	-36
25	14.30 WIB	29,6	66,8	1,3	Timur Laut	-41
26	14.40 WIB	29,7	67,2	1	Tenggara	-37
27	14.50 WIB	30,7	65,7	0,5	Barat Laut	-42

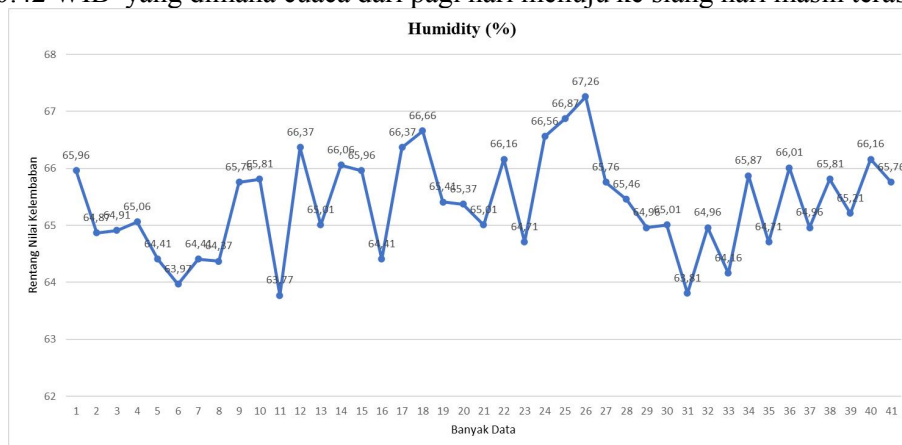
No.	Waktu	Node 2				
		Temperature (°C)	Humidity (%)	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	RSSI (dBm)
28	15.00 WIB	30,6	65,4	0,5	Utara	-43
29	15.10 WIB	30,1	64,9	0,6	Timur	-37
30	15.20 WIB	29,8	65,0	0,2	Barat Daya	-38
31	15.30 WIB	29,6	63,8	1,5	Barat	-41
32	15.40 WIB	29,8	64,9	0,4	Timur Laut	-43
33	15.50 WIB	29,9	64,1	1,1	Barat Laut	-35
34	16.00 WIB	29,7	65,8	1	Selatan	-40
35	16.10 WIB	29,6	64,7	0,5	Utara	-39
36	16.20 WIB	29,8	66,0	1,3	Timur	-36
37	16.30 WIB	29,4	64,9	1,7	Barat Daya	-42
38	16.40 WIB	29,3	65,8	1,1	Timur Laut	-43
39	16.50 WIB	29,2	65,2	0,8	Utara	-37
40	17.00 WIB	29,1	66,1	0,4	Barat Daya	-39
41	17.10 WIB	29	65,7	1,2	Barat	-35

Tabel 9 merupakan hasil pengujian *Node 2* secara keseluruhan, data diambil dari *receiver Gateway*. Untuk sensor kecepatan angin, sensor arah angin, sensor suhu dan kelembaban udara yang menampilkan data kurang lebih setiap 10 menit sekali dalam jangka waktu satu hari pada tanggal 23 Januari 2022 jam 10.31 WIB sampai dengan jam 17.10 WIB sebanyak 41 data. Sehingga didapatkan rentang nilai perubahan suhu mulai dari 28,5 °C sampai 30,8 °C, nilai kelembaban udara 63,7 %RH sampai 67,2 %RH, nilai kecepatan angin terjadi perubahan 0,0 m/s hingga 1,9 m/s, dan pembacaan sensor arah angin yang disertai dengan jarak pengiriman RSSI dari LoRa SX1278 rata-rata -40 dBm.



■ Gambar 11. Grafik Pengujian Suhu Udara *Node 2*

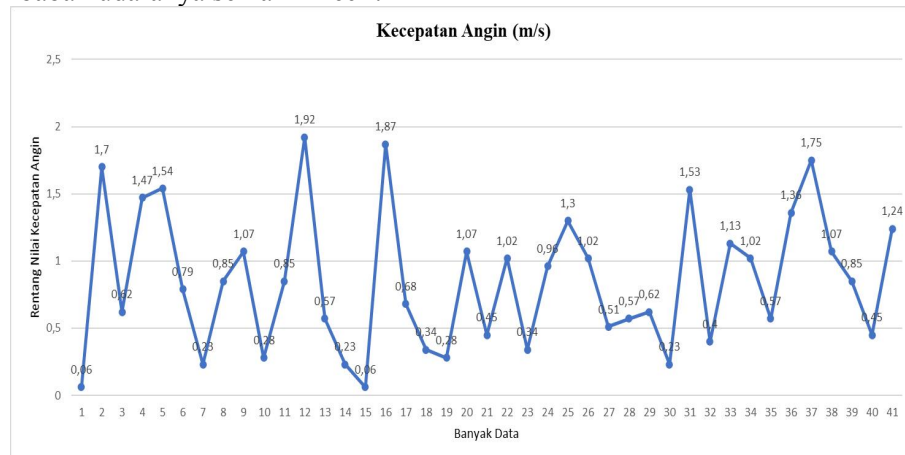
Berdasarkan Gambar 11, dapat dilihat bahwa suhu udara nilai tertinggi adalah 30,8 °C pada jam 13.50 WIB karena cuaca siang hari akan terasa lebih panas, sedangkan yang terendah adalah 28,5 °C pada jam 10.42 WIB yang dimana cuaca dari pagi hari menuju ke siang hari masih terasa dingin.



■ Gambar 12. Grafik Pengujian Kelembaban Udara *Node 2*

Berdasarkan Gambar 12, dapat dilihat bahwa kelembaban udara nilai terendah adalah 63,7 °C pada jam 12.10 WIB karena cuaca siang hari akan terasa lebih panas sehingga kelembaban lebih rendah. Sedangkan nilai kelembaban yang tertinggi adalah 67,2 °C pada jam 14.40 WIB yang dimana cuaca menuju sore hari sudah mulai dingin dan nilai kelembaban akan bertambah.

Kelembaban udara sendiri berbanding terbalik dengan suhu udara. Semakin tinggi suhu udara, maka kelembaban udaranya semakin kecil.



■ Gambar 13. Grafik Pengujian Kecepatan Angin Node 2

Berdasarkan Gambar 13, dapat dilihat bahwa kecepatan angin nilai terendah adalah 0,1 m/s pada jam 10.31 WIB. Apabila nilai kecepatan angin tersebut dikonversikan dari m/s terhadap km/h menjadi 0,2 km/h dan angin tersebut masuk dalam kategori skala *Calm* (Teduh).

Sedangkan nilai kelembaban yang tertinggi adalah 1,9 m/s pada jam 12.21 WIB. Apabila nilai kecepatan angin tersebut dikonversikan dari m/s terhadap km/h menjadi 6,9 km/h dan angin tersebut masuk dalam kategori skala *Slight air* (angin sepoi sangat lemah).

Dari hasil pengujian setiap sensor dapat dilihat bahwa setiap sensor memiliki pembacaan yang sesuai dengan kinerja pada masing-masing sensor dilingkungan sekitarnya, dimana hasil pembacaan menunjukkan bahwa setiap sensor dapat mendeteksi sesuai dengan perubahan yang terjadi disekitar sensor tersebut. Sedangkan pada hasil pengujian sistem pada masing-masing dapat dilihat bahwa sistem berjalan dengan baik dengan data dari kedua *node* yang ditempatkan dilokasi yang berbeda membentuk jaringan *star* dapat diterima dengan baik oleh *node gateway* sesuai pendeteksian pada masing-masing *node*.

KESIMPULAN & SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan perancangan dan pengujian yang telah dilakukan pada “Rancang Bangun Stasiun Cuaca Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Lora SX1278” maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk melakukan perancangan dalam pembuatan alat Rancang Bangun Stasiun Cuaca Berbasis *Wireless Sensor Network* dengan Lora SX1278 maka diperlukan sensor DHT 22 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban, sensor *Wind Vane Direction* untuk arah angin, dan sensor anemometer untuk kecepatan angin. Berdasarkan hasil pengujian kalibrasi dengan alat ukur standard rata-rata nilai kesalahan sensor DHT 22 untuk suhu 2,14% dan kelembaban 1,37 %, dan sensor kecepatan angin sebesar 2,85%.
2. Untuk mentransmisikan data antara *Node 1* dengan *Node 2* yang dikirimkan pada *Node Gateway* secara *Wireless Sensor Network* menggunakan modul LoRa SX1278 pada kondisi LOS (*Light Of Sight*).
3. Kualitas sinyal yang diberikan pada sistem *Wireless Sensor Network* dengan menggunakan LoRa ini dipengaruhi oleh jarak komunikasi antar *node*. Semakin jauh jarak antar *node* maka semakin kecil nilai dari RSSI yang dihasilkan. Terbukti pada saat pengujian RSSI kondisi *Light Of Sight*, *node 1* dan *node 2* ini diletakkan dengan jarak kurang lebih 4 m dengan nilai rata-rata RSSI *node 1* adalah -77 dBm dan *node 2* adalah -34 dBm. Sedangkan untuk *Node Gateway*

diletakkan pada tempat yang berbeda yang tidak juga jauh dari kedua *node* tersebut agar nilai jarak atau RSSI tetap rendah dan data tetap terkirim secara berkala.

Saran

Adapun saran untuk kemajuan alat yang telah dibuat oleh penulis yang bisa dikembangkan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Alat ini bisa dikembangkan dengan menampilkan data pada *website* atau aplikasi.
2. Diperlukan sistem penyimpanan untuk mempermudah dalam menyelidiki data ketika terjadinya kecelakaan akibat melanggar peringatan karena terjadi angin badai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. Akbar, D. Syauqy and G. E. Setyawan, "Sistem Notifikasi Kondisi Cuaca Untuk Keselamatan Take Off Paralayang Menggunakan Metode Naïve Bayes (Studi Kasus: Paralayang Gunung Banyak, Batu)," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. Vol. 3, No. 8, hlm. 7681-7687, 2019.
- [2] R. Anjasmara, T. Suhendra and A. H. Yunianto, "Implementasi Sistem Monitoring Kecepatan Angin, Suhu, dan Kelembaban Berbasis Web di Daerah Kepulauan," *JOURNAL OF APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING*, p. VOL. 3 NO. 2, 2019.
- [3] F. N. Aroeboesman, M. H. H. Ichsan and R. Primananda, "Analisis Kinerja LoRa SX1278 Menggunakan Topologi Star Berdasarkan Jarak dan Besar Data Pada WSN," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. Vol. 3, No. 4, hlm. 3860-3865, 2019.
- [4] E. S. P. I. S. M. J. D. D. a. S. W. B Setiawan, "Study of LoRa (Long Range) communication for monitoring of a ship electrical system," *Journal of Physics: Conference Serie*, 2019.
- [5] J. C. X. Belo, F. Rofii and A. Qustoniah, "Rancang Bangun Sistem Pemantau Kecepatan Dan Arah Angin Menggunakan Teknologi Komunikasi Zigbee," *Jurnal WIDYA TEKNIKA*, pp. 71-86, 2018.
- [6] H. Darmono, R. H. Y. Perdana and W. Puspitasari, "Observation of greenhouse condition based on wireless sensor networks," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020.
- [7] M. A. A. Dzikri and M. Sukana, "Penerapan Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Pada Wisata Paralayang Di Gunung Banyak," *Jurnal Destinasi Pariwisata*, p. Vol. 7 No 2, 2019.
- [8] K. Fatihin, J. D. Irawan and R. P. P., "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PENGUKUR CUACA MENGGUNAKAN MINIMUM SYSTEM ARDUINO," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 2020.
- [9] M. A. Hadi, A. Pritalaksa and M. Hidayattullah, "RANCANG BANGUN PORTABLE WEATHER STATION," *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, p. Vol. 4 No. 1, 2019.
- [10] E. Murdyantoro, R. Setiawan, I. Rosyadi and A. W. Nugraha, "Prototype weather station uses LoRa wireless connectivity infrastructure," *Journal of Physics: Conference Series*, 2019.
- [11] R. Samsinar, R. Septian and Fadliandi, "Alat Monitoring Suhu Kelembapan dan Kecepatan Angin dengan Akuisisi Database Berbasis Raspberry Pi," *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, p. Vol. 3 No. 1, 2020.
- [12] A. Wicaksono and R. Gunawan, "RANCANG BANGUN PENAMPIL PARAMETER CUACA BERBASIS PERSONAL COMPUTER UNTUK STASIUN CUACA MINI," *Jurnal Infotronik*, p. Volume 4 No. 2, 2019.
- [13] R. G. Wisduanto, A. Bhawiyuga and D. P. Kartikasari, "Implementasi Sistem Akuisisi Data Sensor Pertanian Menggunakan Protokol Komunikasi LoRa," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. ol. 3, No. 3, hlm. 2201-2207, 2019.
- [14] D. Sasongko, "Merdeka.com," 16 Oktober 2017. [Online]. Available: <https://www.merdeka.com>. [Accessed 2021 Agustus 12].