

Pengukuran RSSI pada Sistem Monitoring Rumah Walet berbasis WSN LoRa

RSSI Measurement on Swiftlet Nest Monitoring System based on WSN LoRa

Dedy Wahyu Herdiyanto^{1*}, Widya Cahyadi², Deka Rachmad Nuryanto³, Catur Suko Sarwono⁴,
Andrita Ceriana Eska⁵, Immawan Wicaksono⁶
^{1,2,3,4,5,6} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37, Sumbersari, Jember 68121
dedy.wahyu@unej.ac.id^{1*}, cahyadi@unej.ac.id², deka.rachmad@gmail.com³, catur.teknik@unej.ac.id⁴,
andritacerianaeska@gmail.com⁵, immawanw@unej.ac.id⁶

Abstrak – Penelitian ini menerapkan teknologi WSN dengan modul Long Range (LoRa) karena dapat digunakan untuk memantau keadaan rumah burung walet yang jauh. Keadaan rumah burung walet dilakukan pengumpulan informasi menggunakan sensor DHT11 dan BH1750. Kegunaan sensor tersebut diantaranya DHT 11 untuk mendata suhu dan kelembapan, BH1750 untuk mendata intensitas cahaya. Sensor tersebut diletakkan pada setiap lantai yang berjumlah 3 lantai di rumah burung walet tersebut. Data sensor dikirimkan melalui komunikasi LoRa (Long Range). Analisa pada penelitian ini, diantaranya melakukan perhitungan dan pengukuran RSSI (Received Signal Strength Indicator) komunikasi LoRa dengan variasi jarak komunikasi. Variasi jarak propagasi komunikasi yang digunakan diantaranya 100m, 500m, 1000m, dan 1600m. Sebagai hasil penelitian, RSSI komunikasi LoRa terhadap variasi lokasi sink pada setiap lantainya ditunjukkan bahwa semakin rendah ketinggian sink tersebut maka nilai RSSI semakin kecil. Error persen RSSI antara perhitungan dengan pengukuran, menunjukkan semakin rendah ketinggian sink maka error persen RSSI semakin kecil. RSSI komunikasi LoRa terhadap variasi jarak propagasi komunikasinya menunjukkan bahwa semakin jauh jarak propagasi maka RSSI semakin kecil. Perbandingan error persen RSSI pada komunikasi LoRa diantaranya sink 1 didapatkan 5,6%, sink 2 didapatkan 2,5%, dan sink 3 didapatkan 3,5%. Sehingga dari nilai tersebut dapat mengetahui jarak penerimaan data propagasi komunikasi LoRa untuk memantau kondisi lingkungan pada rumah burung walet.

Kata Kunci: LoRa, monitoring, RSSI, walet, WSN.

Abstract – This study implemented WSN technology with a Long Range (LoRa) module because it can be used to monitor the condition of a distant swiftlet nest. The condition of the swallow house was collected using DHT11 and BH1750 sensors. These sensors include DHT 11 to record temperature and humidity and BH1750 to record light intensity. The sensors are placed on each of the three floors in the swiftlet house. Sensor data is sent via LoRa (long-range) communication. The analysis in this study includes calculating and measuring the RSSI (Received Signal Strength Indicator) of LoRa communication with variations in communication distance. The variations in communication propagation distance used include 100 m, 500 m, 1000 m, and 1600 m. As a result of the study, the RSSI of LoRa communication against variations in sink locations on each floor showed that the lower the height of the sink, the smaller the RSSI value. The RSSI percent error between calculation and measurement shows that the lower the sink height, the smaller the RSSI percent error. The RSSI of LoRa communication against its communication propagation distance variation shows that the further the propagation distance, the smaller the RSSI. Comparison of RSSI percent error in LoRa communication: sink 1 obtained 5.6%, sink 2 obtained 2.5%, and sink 3 obtained 3.5%. From this value, we can find the distance from receiving LoRa communication propagation data to monitor the swiftlet house's environmental conditions.

Keywords: LoRa, monitoring, RSSI, swiftlet, WSN.

1. Pendahuluan

Sarang burung walet merupakan salah satu komoditas disektor agribisnis yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan memiliki peluang yang besar dalam pasar ekspor dunia. Hal ini karena sarang burung walet menjadi salah satu makanan yang terkenal didunia dan dipercaya mempunyai banyak manfaat untuk kesehatan pada tubuh manusia [1]. Lokasi rumah burung walet biasanya terletak jauh dari pemukiman warga, daerah pesisir pantai, tepi sungai, perkebunan dan di dalam hutan. Habitat mikro merupakan habitat burung walet di dalam rumah burung walet yang dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan intensitas cahaya [2]. Suhu, kelembaban serta intensitas cahaya pada rumah burung walet merupakan parameter utama dalam keberhasilan budidaya sarang burung walet. Para pembudidaya biasanya melakukan pengecekan rumah burung walet dengan cara mengukur satu persatu parameter menggunakan alat ukur manual. Sehingga perlu adanya alat yang dapat membantu pembudidaya burung walet untuk memantau parameter rumah burung walet secara otomatis dan berkala.

Teknologi *wireless sensor network* (WSN) merupakan jaringan komunikasi yang terhubung secara *wireless*. WSN dapat digunakan untuk sistem monitoring yang dapat melakukan pembacaan, pengontrolan dan pengiriman data menggunakan modul jaringan nirkabel [3]. Teknologi ini memungkinkan transmisi data dari berbagai sensor secara efisien tanpa memerlukan infrastruktur kabel yang kompleks. Dengan demikian, WSN sangat ideal untuk diterapkan di lingkungan yang sulit dijangkau atau memiliki kondisi medan yang sulit.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan nFR24L01 sebagai modul komunikasi *wireless* pada sistem pengendalian otomatis pada budidaya sarang burung walet [4]. Namun pada penelitian ini terdapat kekurangan pada jangkauan komunikasi modul *wireless* yang hanya dapat mengirim hingga jarak 44,53 m dengan pengujian tanpa halangan. Penelitian ini juga tidak memiliki skema penjadwalan dalam pengiriman data dari sensor node ke *sink node*.

Mengatasi masalah jarak pada proses transmisi data dapat diatasi dengan menggunakan modul komunikasi *Long-Range* (LoRa) [5], [6]. WSN adalah sekumpulan node yang disusun didalam sebuah jaringan. Setiap node pada WSN umumnya dilengkapi dengan beberapa komponen seperti mikrokontroler, modul *radio transceiver* dan baterai atau sumber energi. WSN dapat digunakan untuk membangun beberapa aplikasi seperti untuk mengumpulkan informasi tentang kondisi lingkungan, *node tracking scenarios* serta *security monitoring* [7].

Penerapan WSN menggunakan teknologi LoRa dengan menggunakan banyak node diarea yang luas dengan waktu pengiriman yang acak akan menimbulkan interferensi antar node. Hal ini karena LoRa bekerja pada frekuensi yang sama sehingga berpotensi mengakibatkan terjadinya *data collision* dan *loss data*. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan *data loss* dan *data collision* adalah dengan melakukan penjadwalan pada pengiriman data.

Time division multiple access (TDMA) merupakan salah satu metode penjadwalan dimana proses saluran transmisi data bekerja sesuai dengan slot waktu yang telah ditentukan [8]. TDMA dalam proses pengiriman data menghasilkan waktu yang efisien. Penggunaan metode TDMA pada modul perangkat WSN dapat memungkinkan peningkatan data yang dapat dikirim secara *wireless* pada *channel* yang sama [9], [10]. Slot waktu untuk node 1 hanya dapat menerima data dari node 1, slot waktu untuk node 2 hanya dapat menerima data dari node 2, begitupun seterusnya. Pada setiap slot waktu biasanya terdapat delay yang berfungsi sebagai waktu transisi dari setiap node [11].

Pada penelitian ini menerapkan sensor node dan satu *sink node*. Sensor node berfungsi untuk mengambil parameter data dan diletakan pada ketiga lantai rumah burung walet. Komponen pada sensor node terdiri dari Arduino Uno, sensor DHT 11, dan sensor BH1750. Arduino uno berfungsi sebagai mikrokontroler untuk pemrosesan data. Sensor DHT11 berfungsi untuk mengukur nilai suhu dan kelembaban. Sensor BH1750 berfungsi untuk mengukur nilai intensitas cahaya. Komponen pada sink node menggunakan Arduino Pro Mini dan Raspberry Pi 4 yang dihubungkan secara serial. Sink node berfungsi sebagai pengumpulan dan pengolahan hasil pembacaan data dari sensor node serta sebagai tempat server untuk interface. Komunikasi data antara sensor node dan *sink node* menggunakan modul LoRa SX1278. Topologi pada proses

pengiriman data menggunakan topologi star. Data yang diterima pada *sink node* akan di upload kedalam database MySQL pada *web server*, selanjutnya ditampilkan pada halaman *website* sebagai *interface*. Analisa penelitian yang dilakukan adalah melakukan pengujian jarak komunikasi LoRa dengan beberapa variasi jarak. Sehingga dari pengujian tersebut dapat diketahui nilai RSSI komunikasi antara 3 sensor node dengan 1 sink node. Nilai RSSI tersebut dilakukan perbandingan antara nilai RSSI hasil pengukuran terhadap nilai RSSI hasil perhitungan. Variasi jarak yang digunakan pada penelitian, yaitu antara 100 meter hingga 1600 meter.

2. Metode Penelitian

2.1. Analisa Received Signal Strenght Indicator (RSSI)

RSSI merupakan parameter yang menunjukkan seberapa kuat sinyal yang diterima suatu penerima sinyal pada suatu titik tertentu. [12]. RSSI didefinisikan sebagai rasio kuat sinyal yang diterima pada suatu titik tertentu dibandingkan terhadap kuat sinyal di suatu titik referensi dengan satuan negatif decibelmilliwatts (-dBm). Sehingga secara matematis RSSI dapat dinyatakan melalui persamaan (1) [13]. Tabel 1 menunjukan kategori nilai pathloss eksponen yang digunakan untuk menghitung nilai RSSI [14]. Tabel 2 merupakan kategori rentang level sinyal RSSI [15].

$$RSSI (dBm) = A - 10n \log d \quad (1)$$

Tabel 1. Pathloss eksponen.

Lingkungan	Path Loss Exponent
Free space	2
Urban area	2,7 – 3,5
Suburban area	3 – 5
Indoor (line of sight)	1,6 – 1,8
Obstructed in building	4 – 6
Obstructed in factories	2 – 3

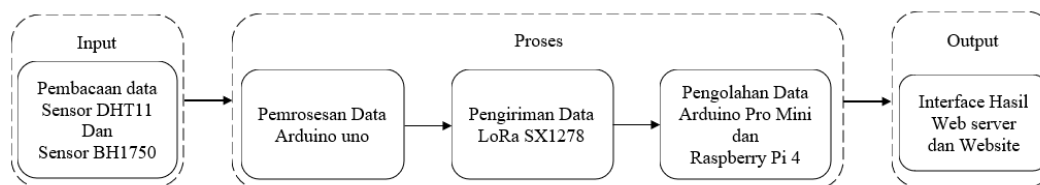
Tabel 2. Rentang level sinyal RSSI.

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

Tabel 1 merupakan pembagian kategori nilai *path loss exponent* n yang digunakan pada rumus dibagi berdasarkan lingkungan. Data tersebut diperoleh dengan melakukan analisis perhitungan menggunakan persamaan 1. Pada Tabel 1 dijelaskan bahwa *loss* dari sinyal dipengaruhi lingkungan secara eksponen. Pada penelitian ini akan diasumsikan pengambilan data dilakukan pada lingkungan *free space*. Pada Tabel 2, dijelaskan terkait rentang level dari RSSI. Data pada tabel ini digunakan sebagai acuan dalam analisis hasil sinyal yang diperoleh dari hasil pengujian.

2.2. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem pada penelitian ini dijelaskan pada Gambar 1. Sistem diawali dengan melakukan pembacaan data sensor DHT11 yang menghasilkan nilai suhu dan kelembaban serta data sensor BH1750 yang menghasilkan nilai intensitas cahaya. Data nilai sensor yang telah didapatkan kemudian diolah oleh Arduino Uno. Selanjutnya proses transmisi data antara *sink node* dan *sensor node* dilakukan menggunakan LoRa SX1278.



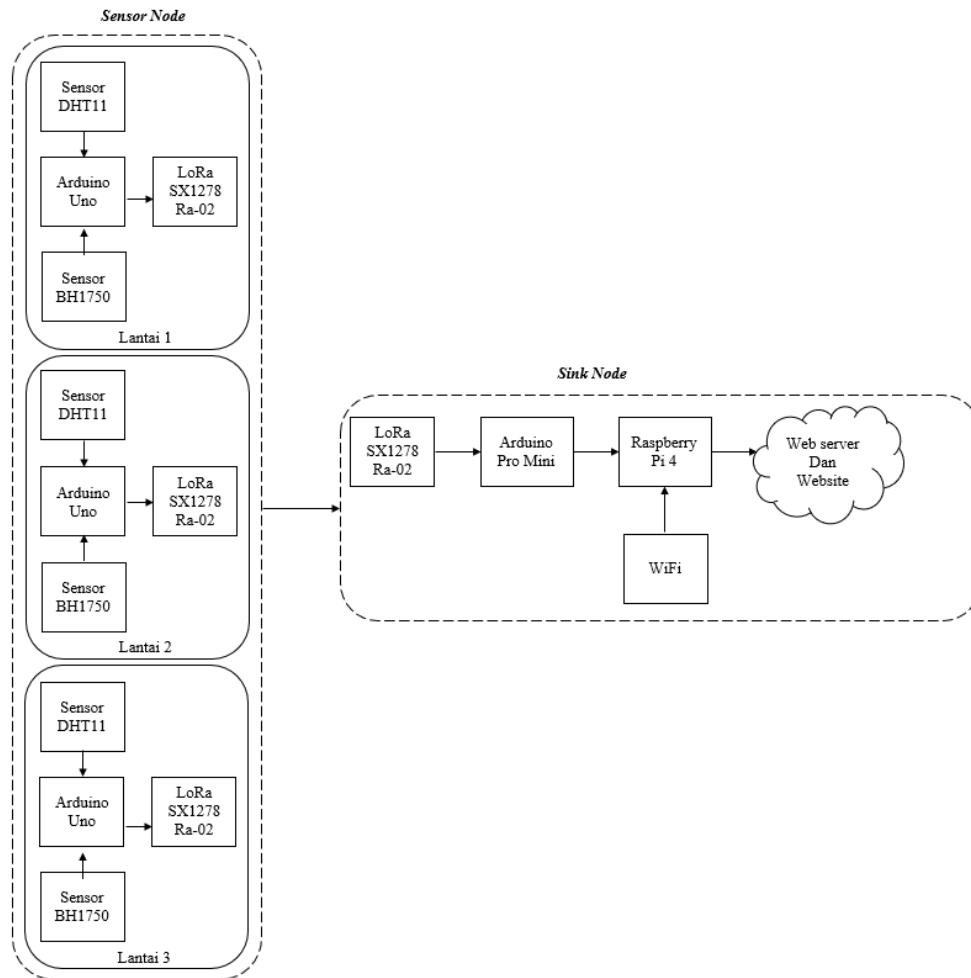
Gambar 1. Diagram blok sistem penelitian.

Pada Gambar 1 dapat diamati bahwa sistem diawali dengan melakukan pembacaan data sensor DHT11 yang menghasilkan nilai suhu dan kelembaban serta data sensor BH1750 yang menghasilkan nilai intensitas cahaya. Data nilai sensor yang telah didapatkan kemudian diolah oleh Arduino Uno. Selanjutnya proses transmisi data antara *sink node* dan *sensor node* dilakukan menggunakan LoRa SX1278. Proses pengiriman data dimulai saat Sink node mengirimkan broadcast time slot yang terdiri dari 12 time slot ke setiap sensor node yang saling terhubung dengan sink node. Nilai sensor hasil pengambilan data sensor oleh sensor node dikirim sink node dengan setiap data yang dikirim diatur penjadwalannya menggunakan metode TDMA. Pengolahan data pada sink node dilakukan oleh Arduino Pro Mini dan Raspberry Pi 4 yang dihubungkan secara serial. Data nilai sensor yang telah diterima oleh sink node selanjutnya diolah dan akan di kirim ke web server untuk dapat ditampilkan pada website.

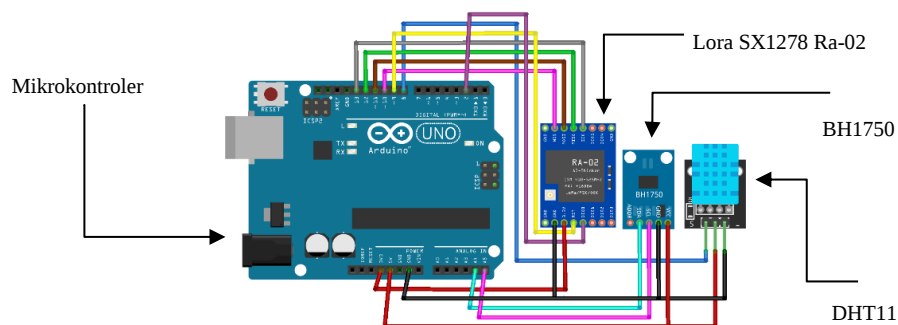
Komponen yang digunakan pada perancangan perangkat keras antara lain Raspberry Pi 4, Arduino uno, Arduino Pro Mini, sensor DHT11, Sensor BH1750 dan LoRa SX1278 Ra-02. Komponen tersebut akan di rangkai sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Perancangan perangkat keras ditunjukkan pada Gambar 2.

2.3. Perancangan Sistem

Sensor node yang akan digunakan pada perancangan ini terdiri dari 3 *sensor node*. Perancangan *sensor node* memiliki empat komponen utama yaitu LoRa SX1278 Ra-02, Arduino Uno, sensor BH1750 dan sensor DHT11. *Sensor node* berfungsi untuk membaca nilai sensor suhu, kelembaban serta intensitas cahaya di setiap lantai rumah burung walet yang selanjutnya akan dikirim ke *sink node*. Skema rangkaian perancangan *sensor node* dapat diamati pada gambar 3. Sensor node terdiri atas mikrokontroler, LoRa SX1278, sensor intensitas cahaya, dan sensor suhu serta kelembaban.

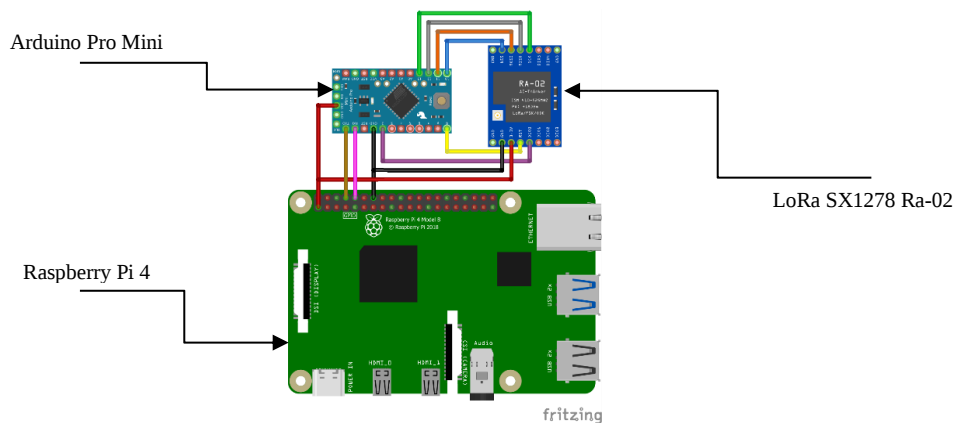


Gambar 2. Blok diagram perancangan perangkat keras.



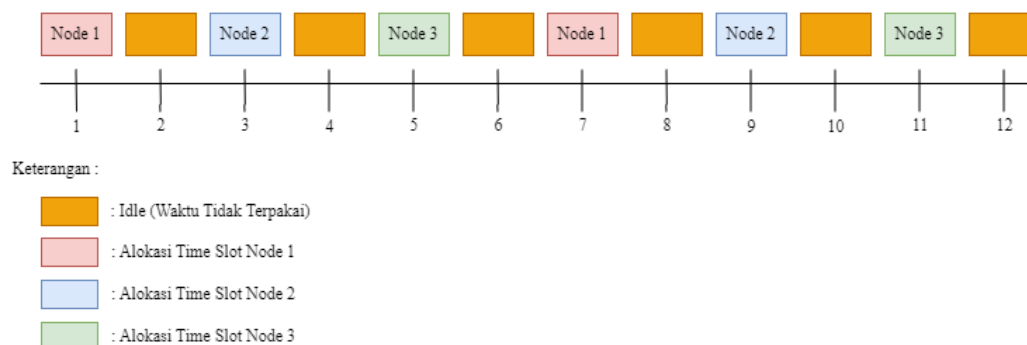
Gambar 3. Skema rangkaian sensor node.

Sink node berfungsi untuk menerima data sensor dari *sensor node* yang selanjutnya akan di-upload ke database web server untuk ditampilkan pada halaman website. Pada perancangan *sink node* memiliki tiga komponen yaitu Raspberry Pi 4, Arduino Pro Mini dan modul LoRa SX1278 Ra-02. Skema rangkaian perancangan *sink node* dapat diamati pada Gambar 4.

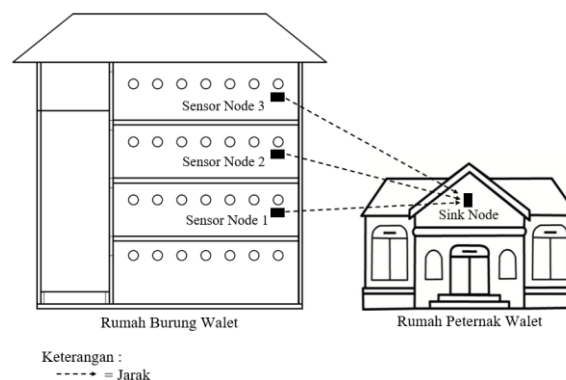


Gambar 4. Skema rangkaian sink node.

Perangkat lunak ini dirancang dengan tujuan untuk memastikan bahwa proses pembuatan program berjalan lebih terstruktur sehingga dapat menghasilkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan saat melakukan pengujian sistem. Pada Gambar 5, tergambar proses pengiriman data yang dimulai dari sink node yang menginisialisasi waktu, dan kemudian mem-broadcast 12 time slot ke semua sensor node yang terhubung. Setiap sensor node yang menerima broadcast akan melakukan pengambilan data nilai sensor dan mengirimkannya kembali ke sink node. Data yang diterima oleh sink node akan diunggah ke dalam database dan ditampilkan melalui antarmuka pengguna (interface). Selanjutnya, sistem akan mengatur ulang waktu saat jumlah time slot yang dikirim telah mencapai 12 time slot, sehingga siklus pengiriman data dapat dimulai kembali dengan terstruktur.

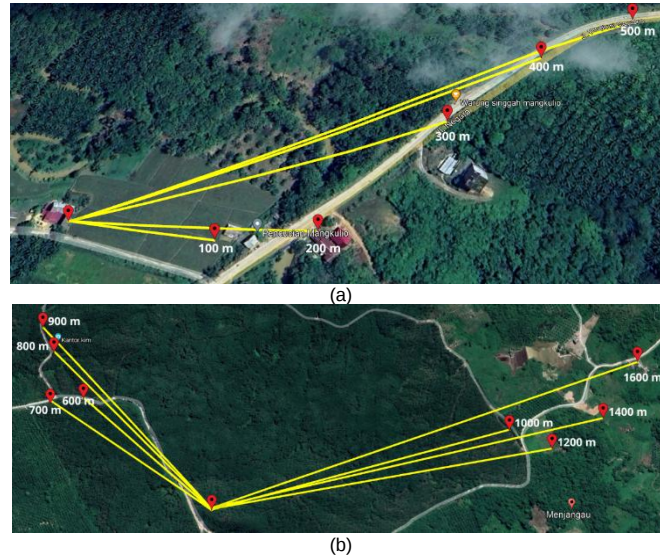


Gambar 5. Skema metode TDMA pada sistem.



Gambar 6. Rancangan pengujian menggunakan topologi star.

Pengujian sistem menggunakan topologi star seperti pada Gambar 6. Sensor node akan diletakkan pada rumah burung walet yang berada pada lokasi terpisah dari sink node. Lokasi area tempat pengujian dan pengambilan data dilakukan di dua area yang berbeda, untuk jarak 100 m hingga 500 m dilakukan di rumah burung walet. Sedangkan Pengujian untuk jarak 600 m hingga 1600 m dilakukan di area perbukitan, Kedua area tersebut terletak di kec. Sepaku, Kab. Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur, dapat diperhatikan pada gambar 7.



Gambar 7. Lokasi area pengambilan data (a) jarak 100m - 500m, (b) jarak 600m – 1600m.

3. Hasil Penelitian

3.1. Hasil Pengujian Sensor DHT11 dan BH1750

Pengujian ini bertujuan untuk menunjukkan keakuratan dari pembacaan sensor yang digunakan dengan alat ukur konvensional. Pembacaan keakuratan nilai antara sensor yang dipakai dengan alat ukur konvensional diharapkan menghasilkan pembacaan nilai sensor yang sesuai dengan keadaan sebenarnya. Ada 3 parameter yang diuji pada sensor ini, yaitu suhu dan kelembaban dengan sensor DHT11, serta intensitas cahaya dengan menggunakan BH1750. Berikut data pengujian dari kedua sensor tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil pembacaan data nilai suhu.

No	Suhu (°C)		%Error
	DHT11	Taffware HTC-1	
1	27,1	27,2	0,37
2	27,1	27,2	0,37
3	27,1	27,2	0,37
4	27,1	27,2	0,37
5	27,1	27,2	0,37
Rata-rata Error			0,37

Tabel 4. Hasil pembacaan data nilai kelembaban.

No	Kelembaban (%)		%Error
	DHT11	Taffware HTC-1	
1	78	79	1,27
2	78	79	1,27
3	78	79	1,27
4	78	79	1,27
5	78	79	1,27
Rata-rata Error			1,27

Pada Tabel 1 dan 2 menghasilkan pembacaan nilai sensor DHT11 dengan sedikit perbedaan nilai pembacaan suhu dan kelembaban dengan menggunakan alat ukur Taffware HTC-1. Namun, perbedaan tersebut sangat kecil dan tidak memiliki pengaruh yang besar. Dari data tersebut juga terlihat bahwa pengambilan data melalui sensor DHT 11 stabil dan tidak terlihat memiliki deviasi nilai.

Untuk pengujian sensor BH1750 dilakukan menggunakan alat ukur konvensional EA31 EasyView Light Meter untuk pembacaan nilai intensitas cahaya. Pengujian dilakukan pada kondisi siang hari dalam ruang dengan pencahayaan dari matahari. Hasil pengujian secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pembacaan data nilai intensitas cahaya.

No	Intensitas Cahaya (Lux)		%Error
	Sensor BH1750	EA31 EasyView Light Meter	
1	157,5	158	0,32
2	157,5	158,5	0,63
3	160	159,5	0,31
4	160,83	160,2	0,39
5	160,83	160,3	0,33
Rata-rata Error			0,4

Hasil pembacaan sensor BH1750 terdapat perbedaan nilai pembacaan intensitas cahaya dengan menggunakan alat ukur EA31 *EasyView Light Meter*. Selisih nilai tersebut muncul disebabkan adanya perbedaan sensitivitas dari sensor dan alat ukur. Meskipun demikian, selisih nilai yang dihasilkan tidak mencapai 1%, sehingga perbedaan tersebut dapat diabaikan.

Nilai ukur yang dihasilkan diperoleh dari kedua sensor ini akan dikirimkan menuju *server* yang nantinya akan digunakan sebagai acuan kendali aktuator pada pengembangan selanjutnya. Aktuator yang direncanakan adalah dengan kendali lubang udara dan juga kipas yang akan dipasang pada sarang burung walet. Dengan harapan aktuator tersebut akan membuat kondisi sarang walet tetap optimal.

3.2. Hasil Pengujian Parameter RSSI

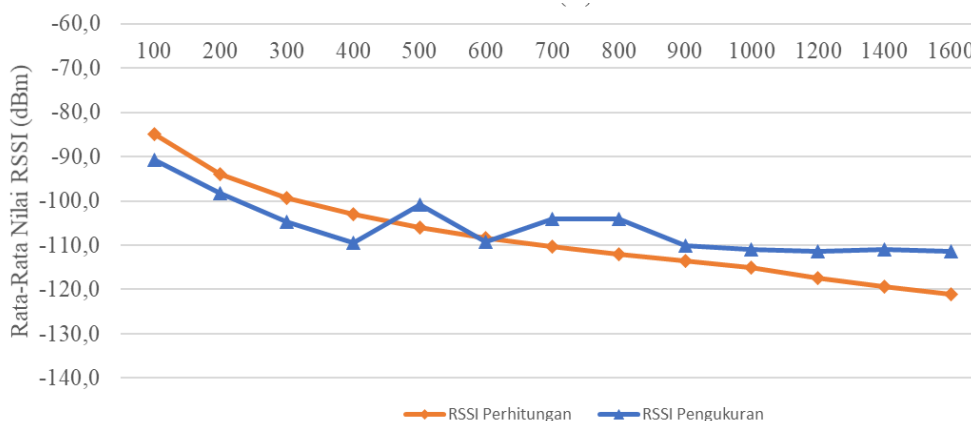
Pengujian parameter nilai RSSI bertujuan untuk mengukur kualitas sinyal pada pengiriman data dari *sensor node* ke *sink node* dan kualitas koneksi sinyal pada *sink node* yang mendapatkan tethering Wifi dari smartphone. Pengujian nilai RSSI pengukuran pada pengiriman data dari *sensor node* ke *sink node* dilakukan secara perhitungan dan pengukuran dengan keadaan Non-Line Off Sight (NLOS) sesuai dengan keadaan di area lokasi sekitar rumah burung walet dan area perbukitan dengan adanya obstacle. Pengujian nilai RSSI pengukuran koneksi sinyal pada *sink node* yang mendapatkan tethering Wifi dilakukan di area terbuka pada halaman rumah.

Tabel 6. Hasil pengujian RSSI sensor node 1 ke sink node.

Jarak (m)	Nilai Rata-Rata RSSI Pengukuran (dBm)	Nilai RSSI Perhitungan (dBm)	% RSSI
100	-90,67	-85,0	6,67
500	-100,83	-106,0	4,87
1000	-111,00	-115,0	3,48
1600	-111,38	-121,1	7,71
Rata-rata			5,68

Hasil pengujian RSSI pengukuran *sensor node* 1 ke *sink node* pada Tabel 6 terlihat saat jarak 100 m dan 500 m nilai rata-rata RSSI pengukuran yang didapatkan diantara -90 dBm dan -105 dBm dan masuk kedalam rentang sinyal level baik. Untuk jarak 1000 m dan 1600 m nilai rata-rata RSSI pengukuran yang didapatkan diantara -105 dBm dan -115 dBm dan masuk kedalam rentang sinyal level buruk. Rata-rata keseluruhan persentase error nilai RSSI pada *sensor node* 1

ke *sink node* sebesar 5,68%. Nilai RSSI pengukuran dan perhitungan semakin kecil saat jarak jarak pengujian semakin jauh, dapat dilihat pada visualisasi grafik Gambar 6.



Gambar 6. Grafik pengujian RSSI *sensor node 1* ke *sink node*.

Gambar 6 menggambarkan visualisasi grafik pengujian RSSI dari sensor node 1 ke sink node menggunakan nilai rata-rata RSSI untuk setiap variasi jarak dengan nilai RSSI yang dihitung. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa terdapat fluktuasi pada nilai RSSI pada rentang jarak 500 m hingga 900 m. Pada jarak 500 m, 700 m, dan 800 m, terjadi peningkatan nilai RSSI. Hal ini disebabkan oleh lokasi sink node yang berada pada titik yang lebih tinggi pada jarak-jarak tersebut, dengan minimnya hambatan berupa pepohonan. Pada rentang jarak 1000 m hingga 1600 m, nilai RSSI cenderung stabil. Meskipun demikian, pada grafik terlihat bahwa perbandingan rata-rata nilai RSSI untuk setiap variasi jarak dengan perhitungan tidak terlalu signifikan. Presentase error terkecil terjadi pada rata-rata jarak 600 m, sebesar 0,8%, sedangkan presentase error terbesar terjadi pada rata-rata jarak 1600 m, sebesar 7,71%.

Dari hasil pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa fluktuasi nilai RSSI terjadi terutama pada jarak-jarak tertentu dimana kondisi lingkungan, seperti ketinggian sink node dan keberadaan hambatan, mempengaruhi kekuatan sinyal yang diterima. Meskipun demikian, meskipun terdapat fluktuasi, hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan nilai rata-rata RSSI memberikan hasil yang cukup stabil dalam mengukur kekuatan sinyal pada berbagai jarak yang diuji.

Pada Tabel 7 terlihat hasil pengujian RSSI pengukuran *sensor node 2* ke *sink node* saat jarak 100 m dan 500 m nilai rata-rata RSSI pengukuran yang didapatkan diantara -90 dBm dan -105 dBm dan masuk kedalam rentang sinyal level baik. Untuk jarak 1000m dan 1600m nilai rata-rata RSSI pengukuran yang didapatkan diantara -105 dBm dan -115 dBm dan masuk kedalam rentang sinyal level buruk. Rata-rata keseluruhan persentase error nilai RSSI pada *sensor node 2* ke *sink node* sebesar 2,58%. Nilai RSSI pengukuran dan perhitungan semakin kecil saat jarak jarak pengujian semakin jauh, dapat dilihat pada visualisasi grafik Gambar 7.

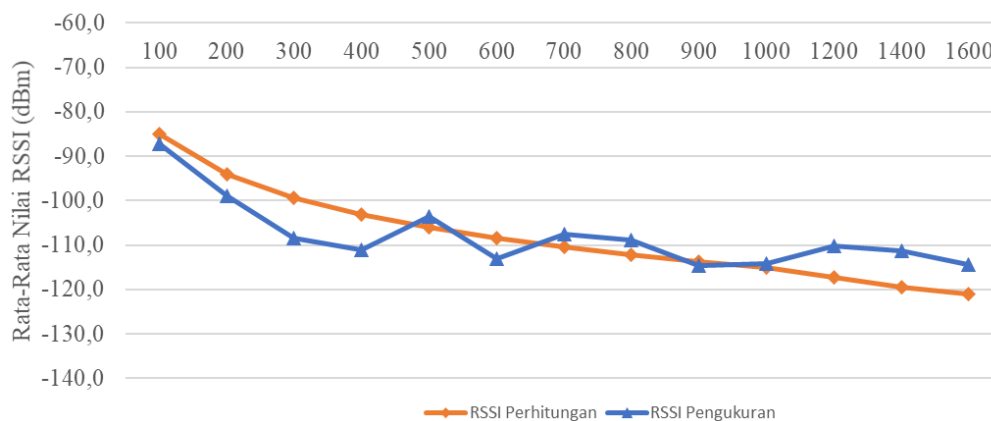
Tabel 7. Hasil pengujian RSSI *sensor node 2* ke *sink node*.

Jarak (m)	Nilai Rata-Rata RSSI Pengukuran (dBm)	Nilai RSSI Perhitungan (dBm)	% RSSI
100	-87,17	-85,0	2,55
500	-103,50	-106,0	2,36
1000	-114,17	-115,0	1,01
1600	-114,37	-121,1	4,41
Rata-rata			2,58

Gambar 7 menampilkan visualisasi grafik hasil pengujian RSSI dari sensor node 2 ke sink node, menggunakan nilai rata-rata RSSI untuk setiap variasi jarak, dibandingkan dengan nilai RSSI yang dihitung. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa terjadi fluktuasi nilai RSSI pada rentang

jarak 500 m hingga 1600 m, yang meliputi kenaikan dan penurunan nilai. Kenaikan nilai RSSI pada variasi jarak 500 m, 700 m, dan 800 m dapat dijelaskan oleh posisi sink node yang terletak di daerah yang lebih tinggi, sehingga mengurangi hambatan antara sensor node dan sink node, yang dalam hal ini adalah pepohonan yang cukup minim. Namun, perlu dicatat bahwa meskipun terjadi fluktuasi, perbandingan rata-rata nilai RSSI antara sensor node 2 dan sink node untuk setiap variasi jarak dengan perhitungan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Presentase error terkecil terjadi pada rata-rata jarak 1000 m, yaitu sebesar 1,01%, sementara presentase error terbesar terjadi pada rata-rata jarak 300 m, sebesar 9,26%. Hal ini menunjukkan bahwa, meskipun terdapat variasi nilai RSSI, penggunaan nilai rata-rata RSSI masih memberikan hasil yang relatif stabil dalam mengukur kekuatan sinyal antara sensor node 2 dan sink node pada berbagai jarak yang diuji.

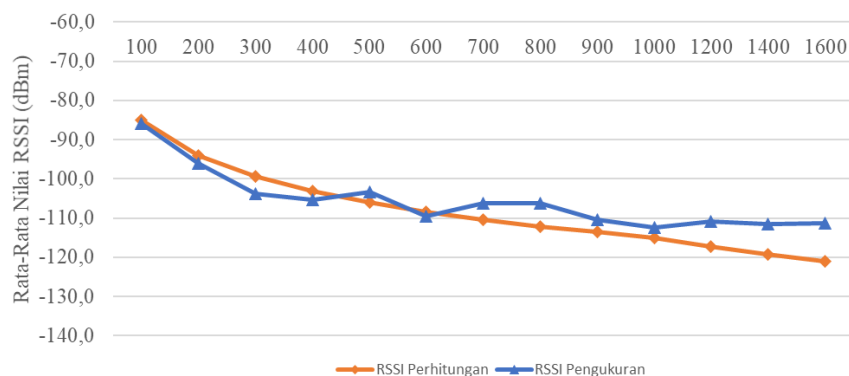


Gambar 7. Grafik Pengujian RSSI *Sensor node 2* ke *Sink node*

Pengujian RSSI pengukuran *sensor node 3* ke *sink node* pada Tabel 8 terlihat saat jarak 100 m dan 500 m nilai rata-rata RSSI pengukuran yang didapatkan diantara -90 dBm dan -105 dBm dan masuk kedalam rentang sinyal level baik. Untuk jarak 1000 m dan 1600 m nilai rata-rata RSSI pengukuran yang didapatkan diantara -105 dBm dan -115 dBm dan masuk kedalam rentang sinyal level buruk. Rata-rata keseluruhan persentase error nilai RSSI pada *sensor node 3* ke *sink node* sebesar 3,50%. Nilai RSSI pengukuran dan perhitungan semakin kecil saat jarak pengujian semakin jauh, dapat dilihat pada visualisasi grafik Gambar 8.

Tabel 8. Hasil pengujian RSSI *sensor node 3* ke *sink node*.

Jarak (m)	Nilai Rata-Rata RSSI Pengukuran (dBm)	Nilai RSSI Perhitungan (dBm)	% RSSI
100	-85,83	-85,0	0,98
500	-103,33	-106,0	2,83
1000	-112,33	-115,0	2,32
1600	-111,41	-121,1	7,85
Rata-rata			3,50



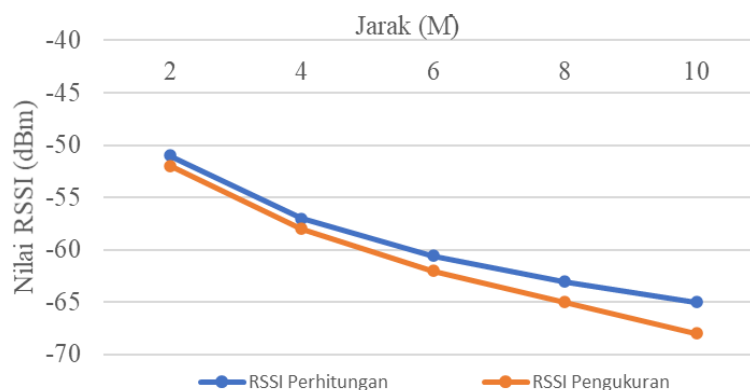
Gambar 8. Grafik pengujian RSSI sensor node 3 ke sink node.

Gambar 8 menunjukkan visualisasi grafik hasil pengujian RSSI dari sensor node 3 ke sink node, menggunakan nilai rata-rata RSSI untuk setiap variasi jarak, dibandingkan dengan nilai RSSI yang dihitung. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa terjadi fluktuasi nilai RSSI pada rentang jarak 500 m hingga 900 m, yang meliputi kenaikan dan penurunan nilai. Kenaikan nilai RSSI pada variasi jarak 500 m, 700 m, dan 800 m dapat dijelaskan oleh posisi sink node 3 yang terletak di daerah yang lebih tinggi, sehingga mengurangi hambatan antara sensor node 3 dan sink node, yang dalam hal ini adalah pepohonan yang cukup minim. Namun, perlu dicatat bahwa meskipun terjadi fluktuasi, perbandingan rata-rata nilai RSSI antara sensor node 3 dan sink node untuk setiap variasi jarak dengan perhitungan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pada rentang jarak 1000 m hingga 1600 m, nilai RSSI cenderung stabil. Meskipun demikian, perbandingan rata-rata nilai RSSI pengukuran sensor node 3 ke sink node untuk setiap variasi jarak dengan perhitungan tidak terlalu signifikan. Presentase error terkecil terjadi pada rata-rata jarak 100 m, yaitu sebesar 0,98%, sementara presentase error terbesar terjadi pada rata-rata jarak 1600 m, sebesar 7,85%. Hal ini menunjukkan bahwa, meskipun terjadi fluktuasi, penggunaan nilai rata-rata RSSI masih memberikan hasil yang relatif stabil dalam mengukur kekuatan sinyal antara sensor node 3 dan sink node pada berbagai jarak yang diuji.

Tabel 9. Hasil pengujian RSSI antara sink node dengan AP.

Jarak (m)	RSSI Pengukuran (dBm)	RSSI Perhitungan (dBm)	% Error
2	-52,00	-51,02	1,96
4	-58,00	-57,04	1,68
6	-62,00	-60,56	2,37
8	-65,00	-63,06	3,07
10	-68,00	-65,00	4,62
Rata-Rata			2,28

Pengujian RSSI pengukuran antara sink node dengan AP (Access Point) berupa tethering wifi smartphone dengan beberapa variasi jarak dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 9. Pada jarak 2 m dan 4 m nilai RSSI pengukuran yang didapatkan diantara -30 dBm dan -60 dBm dan masuk kedalam rentang sinyal level sangat kuat. Untuk jarak 6 m, 8 m dan 10 m nilai RSSI pengukuran yang didapatkan diantara -60 dBm dan -90 dBm dan masuk kedalam rentang sinyal level sangat baik. Rata-rata keseluruhan persentase error pengukuran sink node dari tethering wifi smartphone sebesar 2,28%. Nilai RSSI pengukuran dan perhitungan semakin kecil saat jarak pengujian semakin jauh, dapat dilihat pada visualisasi grafik Gambar 9.



Gambar 9. Grafik pengujian RSSI sink node dari tethering Wi-Fi.

4. Kesimpulan

Secara keseluruhan, sistem monitoring rumah burung walet ini telah berjalan dengan baik dan sesuai dengan harapan. Akuisisi data suhu, kelembaban dan intensitas cahaya menggunakan sensor DHT11 dan BH1750 memiliki persentase kesalahan yang tidak lebih dari 2%. Hasil tersebut menunjukkan sensor yang digunakan telah presisi.

Nilai RSSI yang diukur antara setiap sensor node dan sink node menunjukkan fluktuasi yang disebabkan oleh adanya rintangan seperti pepohonan serta jangkauan jarak yang digunakan. Perbandingan antara nilai RSSI yang diukur dan perhitungan yang diperoleh untuk setiap rata-rata variasi jarak tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dari ketiga node yang diuji coba, semua menunjukkan hasil presentase selisih yang kecil, dari node 1 5,68%, node 2 yaitu 2,58%, dan node 3 pada 3,5%. Selain itu, penambahan sistem TDMA juga membantu sistem dalam meningkatkan persentase keberhasilannya.

Selain itu, pada pengujian nilai RSSI dari sink node melalui tethering WiFi smartphone, teramati bahwa semakin besar variasi jarak, nilai RSSI yang diperoleh cenderung semakin kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa adanya hubungan invers antara jarak dan nilai RSSI, di mana semakin jauh jaraknya, semakin rendah pula nilai RSSI yang terukur. Pernyataan tersebut dibuktikan dengan perbandingan nilai RSSI antara perhitungan dan pengukuran rata-rata hanya berbeda 2,28%.

Sistem ini masih berupa sistem monitoring tanpa menggunakan aktuator. Penambahan aktuator akan dilakukan pada tahap akhir dari penelitian ini. Tahap berikutnya yang telah direncanakan dari penelitian ini adalah dengan menambahkan jumlah node sensor dan mengimplementasikan metode TDMA untuk mengatasi kemungkinan terjadinya tabrakan data.

Referensi

- [1] Syahrantau, G. dan M. Y. M.Yandrizal. 2018. Analisis usaha sarang burung walet dikelurahan tembilahan kota (studi kasus usaha sarang burung walet pak sutrisno). Jurnal Agribisnis Unisi. 7(1):74–85.
- [2] Ayuti, T., D. Garnida, dan I. Y. Asmara. 2016. Identifikasi habitat dan produksi sarang burung walet (*collocalia fuciphaga*) di kabupaten lampung timur. Students E-Journals. 5(4).
- [3] Arya, T. F., M. Faiqurahman, dan Y. Azhar. 2018. Aplikasi wireless sensor network untuk sistem monitoring dan klasifikasi kualitas udara. Jurnal Sistem Informasi. 14(2):74–82.
- [4] Ahmad Zamahuri, M. Nanak Zakaria, Hadiwiyatno. 2019. Sistem pengendalian otomatis pada budidaya sarang burung walet menggunakan internet of things 1,2,3). Jurnal JARTEL. 9(4):431–435.
- [5] Z. Li, X. Li, G. Mou, D. Jiang, X. Bao, and Y. Wang, “Design of localization system based on ultra-wideband and long-range wireless,” in 2019 IEEE 11th International Conference on Advanced Infocomm Technology (ICAIT), 2019, pp. 142–146.

- [6] Semtech. (view Des. 2023). What Is LoRa®? [Online]. Available: <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora>
- [7] Hill, J. L. 2003. System Architecture for Wireless Sensor Networks. Chichester.
- [8] Faruque, S. 2019. "Time Division Multiple Access (TDMA)". Radio frequency multiple access techniques made easy. Springer Cham. 35–43.
- [9] Terauchi, T., Suto, K., & Wakaiki, M. (2021). Harvest-Then-Transmit-Based TDMA Protocol with Statistical Channel State Information for Wireless Powered Sensor Networks. 2021 IEEE 93rd Vehicular Technology Conference (VTC2021-Spring).
- [10] Sohraby, K., D. Minoli, dan T. Znati. 2007. WIRELESS SENSOR NETWORKS Technology, Protocols, and Applications. Edisi First. Hoboken, New Jersey: A John Wiley and Sons, Ltd.
- [11] Darmawan, Aulia Arif (2016) Implementasi Metode Reference Broadcast Time Synchronization Dan Time Division Multiple Access Pada Wireless Sensor Network. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.
- [12] D. Setiabudi, D. W. Herdiyanto, A. Kurniawan, W. Muldayani, A. R. Chaidir and G. A. Rahardi, "Design Of Wireless Sensor Network (WSN) System Using Point To Point And Waiting Protocol Methods For Solar Panel Monitoring," 2022 International Conference on Electrical Engineering, Computer and Information Technology (ICEECIT), Jember, Indonesia, 2022, pp. 232-240.
- [13] Sella, A., Ariansyah, M. A., Setiawan, O., & Ocsirendi, S. (2022). PROSIDING SEMINAR NASIONAL RECEIVE SIGNAL STRENGTH INDICATOR (RSSI) PADA SWARM.
- [14] Rappaport, T.S., 1996, Wireless Communication Principle and Practice, Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series, United States of America.
- [15] Muhammad Alhasan M. 2019. Implementasi Wireless Sensor Network sebagai Pendeteksi Kebakaran Berbasis LoRa. Sarjana thesis. Universitas Jember.