

SISTEM MONITORING DAN KEAMANAN RUMAH WALET BERBASIS IOT DAN PLTS

Fajar Nurrahman¹, Wendhi Yuniarto², Eko Mardianto³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika,
Politeknik Negeri Pontianak

Jln. Jendral Ahmad Yani - Pontianak 78124, Kalimantan Barat

¹richardrow098@gmail.com, ²wendhi@polnep.ac.id, ³emardianto74@gmail.com

Abstract

Swiftlet nest cultivation has high economic value, ranging from 8 to 15 million rupiah per kilogram, depending on the quality of the nests, but faces challenges in monitoring and security, especially for birdhouses located far from settlements. This research aims to design a miniature system integrating IoT-based air quality monitoring, long-range LoRa communication, and renewable energy sources using solar power for swiftlet houses. The methodology includes designing automatic control systems for temperature, humidity, and lighting, as well as a security system using vibration sensors and limit switches. Test results show the system successfully maintains optimal conditions for swiftlet houses with temperatures of 26°C-29°C, humidity of 80%-95%, and light intensity below 10 lux. LoRa communication is effective up to 1.52 km in clear weather and 1.3 km in non-ideal weather conditions. The security system successfully detects potential threats and sends warnings via WhatsApp. Implementation of solar power with a 50Wp panel and 12V 10Ah battery can independently supply power to the system. This research demonstrates the effectiveness of integrating IoT, LoRa, and solar power in improving monitoring efficiency and security of swiftlet houses, especially in remote locations with limited signal and electricity.

Keywords: Swallow's nest, IoT, Security, LoRa, PLTS, DHT 22.

Abstrak

Budidaya sarang burung walet memiliki nilai ekonomi tinggi mulai dari 8 hingga 15 juta perkilogram berdasarkan kualitas sarang, namun menghadapi tantangan dalam monitoring dan keamanan, terutama untuk rumah walet yang jauh dari pemukiman. Penelitian ini bertujuan merancang sistem miniatur yang mengintegrasikan monitoring kualitas udara berbasis IoT, komunikasi jarak jauh LoRa, dan sumber energi terbarukan PLTS untuk rumah walet. Metodologi mencakup perancangan sistem kontrol otomatis untuk suhu, kelembaban, dan pencahayaan, serta sistem keamanan menggunakan sensor getar dan limit switch. Hasil pengujian menunjukkan sistem berhasil menjaga kondisi optimal rumah walet dengan suhu 26°C-29°C, kelembaban 80%-95%, dan intensitas cahaya di bawah 10 lux. Komunikasi LoRa efektif hingga jarak 1,52 km dalam kondisi cuaca cerah dan 1,3 km saat cuaca tidak ideal. Sistem keamanan berhasil mendeteksi potensi ancaman dan mengirimkan peringatan melalui WhatsApp. Implementasi PLTS dengan panel 50Wp dan baterai 12V 10Ah mampu mensuplai daya sistem secara mandiri. Penelitian ini mendemonstrasikan efektivitas integrasi IoT, LoRa, dan PLTS dalam meningkatkan efisiensi monitoring dan keamanan rumah walet, terutama di lokasi terpencil dengan keterbatasan sinyal dan listrik.

Kata kunci: Sarang Walet, IoT, Keamanan, LoRa, PLTS, DHT 22.

1. PENDAHULUAN

Budidaya sarang walet tidak hanya menjadi kegiatan hobi terhadap burung walet, tetapi juga nilai ekonomi yang tinggi bervariasi mulai dari 8

hingga 15 juta perkilogram berdasarkan kualitas sarang[1]. Nilai ekonomi yang tinggi dari hasil budidaya sarang walet mendorong pentingnya monitoring kondisi rumah walet untuk menjaga kualitas ruangan pada ruang inap burung walet

dan memastikan keamanan dari pencurian terjaga dengan baik. Namun, monitoring secara tradisional seperti kunjungan berkala oleh pemilik atau petugas sewaan, sering kali kurang efektif. Terutama jika rumah walet berada dalam jarak yang jauh dari tempat tinggal pemilik. Potensi pencurian dengan penjabolan dinding, dan pencuri yang masuk melalui lubang masuk burung walet (LMB) dengan tali ataupun tangga, khususnya rumah walet baru yang disarankan LMB dengan ukuran 60 cm x 40 cm untuk tahap pemancingan burung walet menjadi tantangan utama[2]. Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi teknologi untuk meningkatkan efisiensi monitor dan keamanan dari rumah walet berbasis IoT (*Internet of Things*), LoRa (*Long Range*) sebagai komunikasi jarak jauh tanpa internet, dan sumber energi dengan pemanfaatan energi terbarukan dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dalam hal ini, suhu dan kelembaban udara di dalam rumah walet harus dijaga pada kisaran suhu 26°C hingga 29°C dan kelembaban kisaran 80% hingga 95% untuk menciptakan lingkungan yang optimal bagi burung walet. Selain itu, pencahayaan juga harus diperhatikan agar intensitas cahaya di dalam ruangan tetap pada tingkat remang-remang hingga gelap tidak boleh melebihi 10 lux[2].

Tantangan utama pada penelitian ini berfokus pada rumah walet yang jauh dari desa ataupun daerah dengan keterbatasan sinyal dan jaringan listrik, seperti rumah pemilik rumah walet di daerah desa atau perkotaan sedangkan rumah waletnya berada pada daerah kebun sawit, perkebunan, ataupun di hutan. Penggunaan LoRa sebagai *bypass* pengiriman data monitoring dan keamanan rumah walet dapat menjadi solusi pada daerah terbatas sinyal jaringan untuk di transmitkan ke sesama LoRa sebelum diteruskan ke sistem IoT. Pada LoRa sendiri jarak terjauh komunikasi radio antar LoRa adalah sejauh 1336 km atau 830 mil oleh Nuno Cruz[3].

Penelitian tentang rumah walet telah banyak dilakukan sebelumnya. Pada penelitian Isma Ariyani (2018) dalam skripsinya "Rancangan Bangunan Sistem Pengendali Suhu Kelembaban Dan Cahaya Pada Rumah Walet Berbasis Mikrokontroler" telah merancang prototipe pengendali suhu dan intensitas cahaya berbasis mikrokontroler. Prototipe ini bekerja otomatis untuk menjaga kondisi lingkungan yang optimal untuk perkembangan sarang walet [4]. Beji Sokhi dan Evizal Abdul Kadir (2019) mengungkap penelitian tentang "Sistem Keamanan Rumah Walet Menggunakan Sensor Cahaya dan Sensor Getaran Diintegrasikan Dengan SMS Notifikasi". Mereka menggunakan sensor

cahaya dan getaran yang diintegrasikan dengan pesan SMS untuk memberikan notifikasi keamanan [5]. Jecky (2019) dari Politeknik Negeri Pontianak menyajikan penelitian dengan judul "Sistem Pengaman Rumah Walet Menggunakan *Short Message Service* (SMS) Dan Alarm Perekam Suara Sendiri". Penelitian ini fokus pada pengamanan rumah walet menggunakan sensor PIR dan perekam suara dengan notifikasi SMS [6]. Muhamad Ariandi dan Jerry Alvinser (2023) dari Universitas Bina Darma, Palembang dengan judul penelitian "Prototipe Sistem Monitoring Rumah Walet Berbasis IoT". Berfokus pada monitoring suhu dan kelembaban dengan DHT 22, kerusakan speaker dengan sensor tegangan, serta mendeteksi asap pada ruangan dengan sensor mq-2 dengan cadangan energi hanya berupa baterai jika sumber PLN sedang mati[7].

Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan suatu sistem miniatur yang mengintegrasikan monitoring kualitas udara pada ruangan rumah walet berbasis IoT (*Internet of Things*), LoRa (*Long Range*) sebagai komunikasi jarak jauh tanpa internet, dan sumber energi dengan pemanfaatan energi terbarukan dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Intensitas radiasi surya dipengaruhi oleh perputaran bumi, kondisi cuaca termasuk awan, musim, dan garis lintang. Di Indonesia, intensitas radiasi sinar matahari berlangsung selama 4-5 jam setiap hari [8]. Sel surya atau sel fotovoltaik (PV) mengubah energi matahari menjadi listrik melalui efek fotovoltaik [9]. Tegangan per sel relatif rendah, sekitar 0,6V tanpa beban atau 0,45V dengan beban, sehingga beberapa sel disusun secara seri untuk mencapai tegangan yang lebih tinggi [9]. Intensitas matahari memengaruhi kinerja panel, meningkatkan arus dengan tegangan yang tetap [10]. Namun, suhu tinggi dapat menurunkan performa panel dari titik kerja maksimal pada suhu 25°C [11].

Sistem ini dirancang untuk memberikan solusi yang lebih efisien dan handal dalam pemantauan serta melindungi rumah walet dari potensi risiko eksternal

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Skema Alur Penelitian

Berikut ini adalah langkah-langkah yang akan dilakukan selama penelitian:



Gambar 1. Alur Penelitian

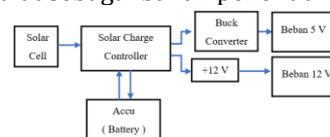
Pada gambar 1 merupakan alur penelitian, dimana dibawah ini penjelasan dari alur tersebut.

Studi pustaka adalah tahapan mencari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah membahas bahasan yang akan di angkat serta mencari teori yang dapat menjadi penguat penelitian.

Analisis kebutuhan mengacu pada tahap menentukan komponen-komponen yang hendak digunakan dalam penelitian pada sistem. Mikrokontroler *Arduino Mega Pro mini* digunakan pada sistem dikarenakan memiliki pin I/O yang melimpah[12]. Sensor-sensor yang digunakan diantaranya sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembaban dimana memiliki toleransi yang cukup rendah yaitu 2% saja[13], sensor cahaya BH1750 dan LDR (*Light Dependent Resistor*) untuk memonitor cahaya dan kontrol pengtur terang gelapnya lampu, sensor suara MAX4466 untuk memonitor speaker pemancing khususnya pada speaker LAR (Lubang anatar Ruangan atau Lantai untuk akses burung walet ke ruang inap) dimana speaker pada posisi ini penting sebagai pemandu yang menunjukkan ruang inap agar burung tidak menabrak dinding dalam rumah walet, sensor getar piezoelektrik untuk mendeteksi getaran pencurian dengan pembobolan dinding rumah walet, *limit swtich* untuk mendeteksi pencuri yang masuk melalui LMB serta sebagai tombol darurat tersembunyi untuk membuka pintu akses pemilik atau petugas, *keypad* untuk sistem buka pintu akses pemilik atau petugas. Pada rumah walet sendiri sebagai sistem pertama menggunakan LoRa sebagai alat komunikasi jarak jauh dengan radio komunikasi dimana LoRa yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tipe LoRa Modul E220-400T22D berdasarkan buku manual, frekuensi kerja 410.125 MHz - 493.125 MHz dengan penguatan 22 dbi, dapat menjangkau jarak ± 5 KM pada area terbuka dengan ketinggian antena 2,5 meter, antena 5 dBi, *air date rate* 2,4 kbps yang artinya kondisi cuaca cerah[14]. Pada penelitian ini menggunakan antena 3 dbi. Pada aktuator sendiri untuk menjaga suhu digunakan kipas untuk membuang panas, kelembaban menggunakan *mist maker* untuk membuat embun air agar kelembaban naik, *solenoid door lock* untuk kunci pintu, dan lampu untuk pengatur intensitas cahaya dalam ruangan. Pada sistem PLTS

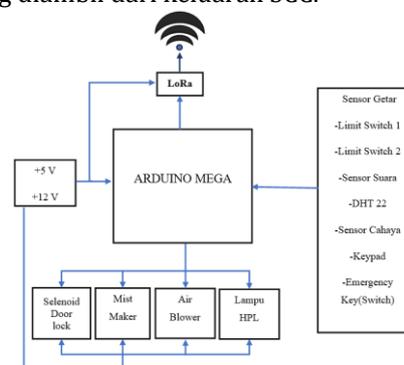
digunakan baterai 12 V 10 Ah dan panel 50 Wp. Pada sistem yang ditujukan ditempatkan di rumah pemilik menggunakan ESP 32 sebagai mikrokontroler karena lebih efisien penggunaan IoT dan merupakan penerus dari NodeMCU ESP8266[15], LoRa untuk menerima informasi dari rumah walet, modem wifi untuk akses internet, *buzzer* untuk alarm, tombol untuk mematikan alarm dan spam pesan *whatsapp*, serta adaptor untuk suplai daya.

Perancangan sistem adalah tahapan merancang sistem baik secara diatas kertas hingga pembuatan alat. Pada perancangan sistem sendiri ada diagram blok dan *flowchart* sistem yang di rancang dan yang digunakan dalam penerapan alat sebagai bahan penelitian.



Gambar 2. Blok Diagram PLTS

Berdasarkan diagram blok pada gambar 2, daya yang dihasilkan panel akan diteruskan ke SCC (*Solar Charge Controller*) untuk melakukan pengisian maupun mensuplai daya ke beban. Daya dari SCC akan di kontrol oleh *Step Down* untuk melayani beban 5 V, pada beban 12 V akan langsung diambil dari keluaran SCC.



Gambar 3. Blok Diagram Sistem Utama

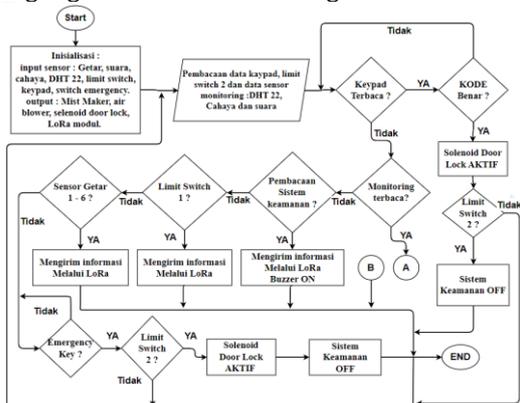
Pada gambar 3 merupakan diagram blok sistem utama yang terletak pada rumah walet itu sendiri.

Sistem utama disuplai oleh PLTS dengan stepdown 5V. Sistem mendeteksi getaran dinding rumah walet oleh aktivitas pencurian dengan pengebolan dinding melalui sensor getar dan *limit switch* 1 untuk mendeteksi pencuri yang naik menginjak mulut LMB. Jika terdeteksi, Arduino mengirim sinyal peringatan melalui LoRa. *Keypad* untuk membuka pintu dengan *solenoid door lock*, dan *limit switch* 2 menonaktifkan oembacaan sensor getar dan *limit switch* 1 saat pintu terbuka. *Emergency switch* memungkinkan akses darurat jika kode lupa ataupun terkunci di dalam rumah

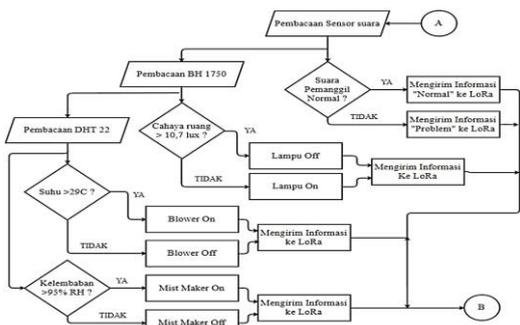
walet. *Emergency switch* ini sendiri ditempatkan pada daerah tersembunyi yang hanya pemilik dan petugas yang mengetahui serta dapat diakses dari luar maupun dalam rumah walet itu sendiri untuk memudahkan fleksibilitas pemilik dan petugas dalam melakukan perawatan ataupun proses panen.

Sistem mengontrol suhu dan kelembaban dengan DHT22, mengaktifkan kipas jika suhu melebihi 26-29°C dan *mist maker* jika kelembaban di bawah 80-95%. Sistem juga mengatur pencahayaan dengan LDR dan BH1750 serta memantau suara speaker dengan sensor suara. Data suhu, kelembaban, cahaya, dan status speaker yang tidak menghasilkan suara atau rusak dikirim melalui LoRa.

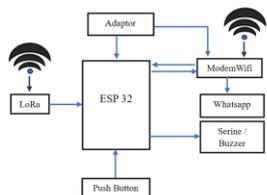
Pada penjelasan diatas untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar *flowchart* sistem utama dibawah ini sekaligus panduan program yang digunakan dalam rancangan.



Gambar 4a. Flowchart Sistem Utama.



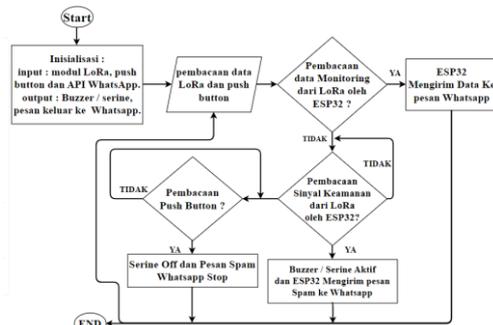
Gambar 4b. Flowchart sistem utama.



Gambar 5. Blok Diagram Sistem Kedua

Pada gambar 5 tersebut adalah blok diagram sistem kedua dimana modul LoRa

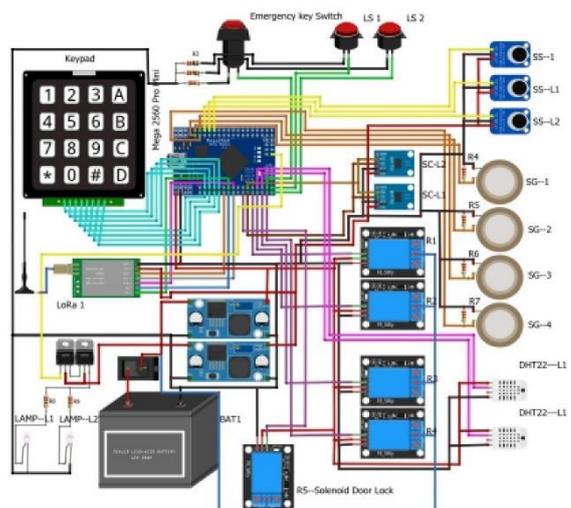
menerima data dari sistem utama dan data yang di terima LoRa di baca dan di olah oleh ESP32. ESP32 terhubung ke jaringan internet rumah pemilik untuk mengirim pesan *WhatsApp* saat menerima data monitoring atau peringatan keamanan. Peringatan keamanan mengaktifkan *buzzer* dan mengirim spam pesan *WhatsApp*. Jika alarm *buzzer* dan spam pesan aktif, statusnya dapat dinonaktifkan dengan menekan *push button*.



Gambar 6. Flowchart Sistem Kedua.

Pada diagram alir dari gambar-gambar diatas. Menunjukkan aliran kerja mikrokontroler yang sesuai dengan perangkat lunak yang direncanakan. Mikrokontroler akan merespons sesuai dengan instruksi yang tertulis dalam kode program, memungkinkan pengendalian perangkat keras yang terhubung ke mikrokontroler melalui perangkat lunak yang dirancang.

Pada sistem pertama, berikut rancangan *wiring* diagram dari sistem utama mengenai koneksi pin arduino terhadap komponen-komponen.

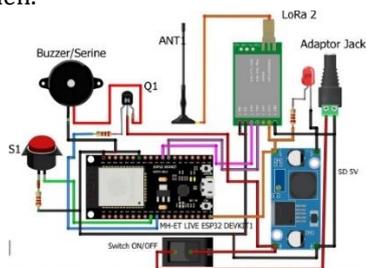


Gambar 7. Wiring Diagram Sistem Utama.

Gambar diatas menunjukkan konektivitas komponen-komponen utama sistem pertama, termasuk sensor DHT22 untuk suhu dan

kelembaban, sensor cahaya, sensor suara, sistem keamanan dengan sensor getar dan limit switch, serta aktuator seperti Mist Maker, Air Blower, dan lampu. Arduino Mega 2560 Pro mini berfungsi sebagai otak sistem yang mengolah semua data dan mengendalikan berbagai komponen.

Pada sistem kedua, berikut rancangan *wiring* diagram dari sistem utama mengenai koneksi pin ESP 32 terhadap komponen-komponen.



Gambar 8. *Wiring* Diagram Sistem Kedua.

Gambar diatas menggambarkan komponen-komponen sistem kedua, termasuk modul LoRa untuk menerima data dari sistem pertama, ESP32 sebagai mikrokontroler utama, dan koneksi internet untuk mengirimkan notifikasi ke pemilik melalui bot WhatsApp. Sistem ini memungkinkan pemilik untuk menerima informasi real-time tentang kondisi rumah walet dan merespon dengan cepat terhadap situasi darurat.

Analisis kebutuhan PLTS merupakan tahap menentukan berapa panel, baterai, dan kapasitas SCC (*Solar Charge Controller*) yang dibutuhkan berdasarkan daya yang digunakan pada minitur rumah walet.

Pengumpulan data sebelum, merupakan tahap mengambil data monitoring suhu, kelembaban dan pencahayaan sebelum sistem otomatis diaktifkan.

Pengujian sistem adalah tahapan pengujian dari sistem yang telah dirancang dan dibangun. Pengujian sistem adalah tahapan akhir dalam proses untuk mendapatkan hasil perancangan dari sistem yang dibuat. Tahapan pengujiannya dapat dilakukan menggunakan metode pengujian lapangan dan black box untuk dapat mengetahui sistem pertama dan kedua dapat terverifikasi bahwa seluruh komponen dan perangkat sistem beroperasi dengan sesuai dan benar [16].

Data sesudah merupakan tahapan data yang diambil dari suhu, kelembaban, dan pencahayaan setelah sistem otomatis diaplikasikan kemudian dibandingkan dengan data sebelum sistem otomatis diaplikasikan, untuk mengetahui apakah sistem berhasil ataupun tidak.

Analisa dan kesimpulan adalah tahap akhir menjawab semua permasalahan yang ada pada pendahuluan berdasarkan data implementasi sistem yang telah dilakukan.

2.2. Cara Kerja Alat

Pada tahapan ini, menjelaskan sistem kerja alat bekerja dimana dapat dijabarkan seperti berikut untuk sistem pertama.

- 1) Sistem pertama pada rumah walet. Sistem akan membaca semua sensor yaitu sensor DHT22, sensor getar piezoelektrik, sensor cahaya LDR dan BH1750, sensor suara MAX4466, *limit switch*, *keypad*, dan saklar darurat.
- 2) Pada sistem pertama, sistem kontrol otomatis pada suhu, jika sensor DHT22 membaca suhu lebih dari rentang 26°C - 29°C, maka sistem akan menghidupkan kipas untuk membuang udara panas pada lantai 1 ataupun lantai 2 yang terdapat diatas rentang tersebut. Pada kontrol kelembaban otomatis, jika terbaca kurang dari rentang 80% - 95%, sistem akan mengaktifkan *mist maker* untuk membuat embun air agar kelembaban naik di lantai 1 atau lantai 2 yang terdapat dibawah rentang tersebut.
- 3) Pada sistem pengatur pencahayaan otomatis, jika sensor cahaya membaca intensitas cahaya lebih dari 10 lux, maka sistem akan meredupkan lampu.
- 4) Pada sistem membaca suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan status speaker yang tidak menghasilkan suara, sistem secara berkala mengirim data tersebut dalam kurun waktu beberapa waktu sekali berdasarkan konfigurasi yang di seting dari program melalui LoRa untuk dipancarkan dalam sinyal radio.
- 5) Pada sistem keamanan, jika sensor getar piezoelektrik yang ditempatkan di sekeliling sisi dinding lantai dasar atau lantai 1 rumah walet mendeteksi getaran pengebolan dinding oleh pencuri atau *limit switch* 1 mendeteksi pencuri masuk melalui LMB, maka sistem akan langsung mengirim data status keamanan sedang aktif melalui LoRa.
- 6) Pada *keypad*, sistem hanya mengaktifkan *solenoid door lock* untuk membuka pintu akses keluar masuk pemilik atau petugas saat kodenya benar. Pada pintu terdapat sebuah saklar (*limit Switch 2*) agar sistem dalam memastikan pintu benar terbuka dan dapat menonaktifkan sistem

keamanan dalam membaca semua sensor getar dan *limit switch* 1 pada mulut LMB.

- 7) Pada saklar darurat dimana saklar ini ditempatkan pada sisi tersembunyi rumah walet, dapat diakses dari luar maupun dalam yang hanya diketahui oleh pemilik dan petugas. Saklar ini ditekan saat kondisi dimana petugas atau pemilik lupa akan kode. Pada saat ditekan menggunakan suatu barang seperti ranting kayu ataupun lidi pelepah yang dapat masuk dan menjangkau skalar pintu otomatis langsung terbuka dan sistem keamanan dinonaktifkan dalam membaca sensor getar dan *limit switch* 1 pada mulut LMB. Hal lain yang mengharuskan saklar ini diaktifkan adalah bila pemilik atau petugas terkunci didalam rumah walet karna pintu tertutup oleh tekanan tiupan angin, sehingga pemilik atau petugas perlu menekan saklar ini dari dalam rumah walet untuk membuka pintu kembali.

Pada bagian LoRa, akan memancarkan data yang diterima dari arduino dengan komunikasi serial berupa data digital. Setelah data digital diterima oleh LoRa, LoRa akan memodulasi untuk mengubah data digital menjadi data sinyal radio. Pada LoRa sendiri data yang dipancarkan melalui antena, hanya dapat diterima oleh sesama LoRa dengan frekuensi kerja yang sama dengan alamat yang sama. Jika ada perangkat yang dapat menangkap data sinyal tersebut, pembacaan data yang didapat hanya berupa enkripsi dan karakter-karakter yang tidak dapat dibaca. Jarak antar LoRa sendiri menyesuaikan jarak yang diinginkan pemilik dari LoRa sistem pertama ke daerah yang memiliki sinyal jaringan yang baik untuk LoRa pada sistem kedua. Pada penelitian ini hanya digunakan komunikasi satu arah dari sistem di rumah walet ke sistem di rumah pemilik.

Pada sistem kedua berikut penjabaran dari cara kerja alat.

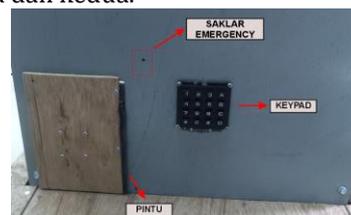
- 1) Sistem kedua ini ditempatkan di rumah pemilik, dan di suplai langsung oleh listrik PLN melalui adaptor. Jika PLN mati maka sistem akan mati, namun akan otomatis terhubung ke internet lagi saat sudah ada suplai.
- 2) Pada sistem saat LoRa menerima data sinyal radio yang dipancarkan oleh sistem pertama, LoRa langsung mengolah data sinyal radio menjadi data digital untuk diteruskan ke ESP 32.
- 3) Pada ESP 32 saat menerima data, jika data tersebut adalah hasil monitoring berupa nilai suhu, kelembaban, intensitas cahaya,

dan status speaker nomor berapa yang tidak menghasilkan suara pada setiap lantai, maka sistem akan mengirim hasil data tersebut ke pesan *Whatsapp* dalam interval yang disesuaikan dengan kebutuhan dari program.

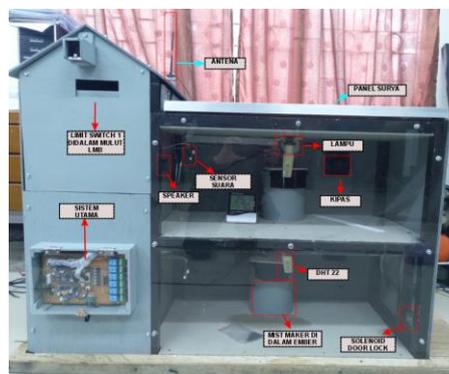
- 4) Jika sistem kedua ini menerima status keamanan yang sedang aktif memberi peringatan, maka sistem akan mengaktifkan *buzzer* dan mengirim spam pesan *Whatsapp* berupa teks "Aktivitas Ilegal Terdeteksi" selama 30 detik setiap 5 menit.
- 5) Pada saat peringatan aktif, peringatan ini dapat dimatikan dengan menekan *push button* pada sistem kedua ini yang ditempatkan pada kotak sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah gambar dari implementasi perangkat keras pada sistem pertama dan kedua.



Gambar 9. Tampak Samping Kanan.



Gambar 9. Tampak Depan.



Gambar 9. Tampak Dalam Lantai 1.

Pada gambar 9a menunjukkan posisi pintu, skalar darurat dari luar, dan posisi *keypad*. Gambar 9b menunjukkan posisi dari sensor DHT 22 didalam kesing, sensor suara, sensor cahaya, lampu, kipas, *mist maker*, *solenoid door lock*, *limit*

switch 1, sistem, panel surya, posisi dan antena. Dimana pada beberapa sensor posisi lantai 1 dan 2 sama dan posisi baterai juga berada di dalam bagian kiri area tertutup. Pada gambar 9c menunjukkan posisi salah satu sensor getar di dinding rumah walet yang ditempel, posisi saklar darurat dari dalam, dan *limit switch* 2 yang memastikan pintu terbuka ataupun tertutup.

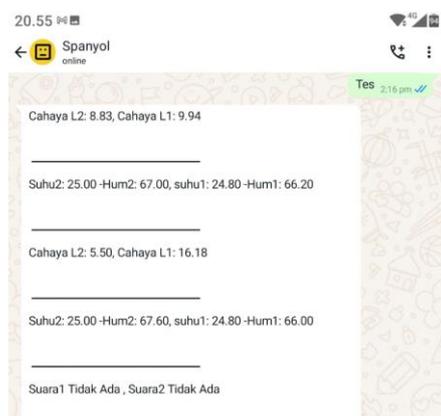
Berikut ini gambar menunjukkan implementasi perangkat keras sistem kedua.



Gambar 10. Tampak Fisik Sistem Kedua.

Pada gambar 10 menunjukkan posisi dari *push button*, *buzzer*, saklar ON/OFF, dan antena. Pada antena sendiri dapat di rentangkan kabel untuk menyesuaikan tinggi antena penerima. Pada sistem kedua semua komponen sistem berada dalam kotak.

Pada gambar dibawah ini menunjukkan bentuk implementasi perangkat lunak berupa hasil monitoring pembacaan suhu lantai 1 dan 2, kelembaban lantai 1 dan 2, intensitas cahaya lantai 1 dan 2, serta hasil monitor suara speaker nomor berapa saja yang sedang tidak mengeluarkan suara atau sedang mengalami kerusakan.



Gambar 11. Bentuk Pesan Monitoring *WhatsApp*.

Pada tahapan selanjutnya untuk menentukan kebutuhan PLTS berdasarkan daya yang digunakan oleh beban dalam 1x24 jam.



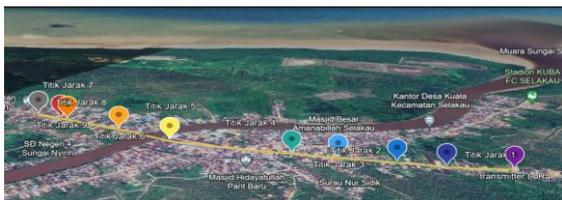
Gambar 12. Sistem Saat Kipas Dan *Mist Maker* OFF.



Gambar 13. Sistem Saat Seluruh Beban Aktif.

Pada miniatur rumah walet, saat seluruh beban aktif didapatkan arus sebesar 2,6 Ampere dengan itu didapatkan daya total dalam 1 jam $12,31 \text{ V} \times 2,6 \text{ A} = 32,03 \text{ W}$. Dimana arus konsumsi ini tidak akan aktif atau tidak akan didapatkan selama 24 jam melainkan hanya akan bernilai demikian pada saat *mist maker* dan kipas pada lantai 1 dan 2 aktif bersamaan dan akan berkurang jika hanya salah satu lantai yang mengalami aktif dan daya tersebut normalnya berdasarkan rancangan akan aktif selama maksimal 5 jam dari 24 jam dan daya yang didapatkan sebesar 202,25 W. Saat beban tersebut tidak aktif dan hanya beban sistem dan sensor-sensor maka didapatkan arus sebesar 0,178 A atau 178 mA dibulatkan menjadi 180 mA maka didapatkan daya sistem $12,31 \text{ V} \times 0,180 \text{ A} = 2,2158 \text{ W}$. Berdasarkan beban aktif 24 jam tersebut di tambah dengan 3 hari kemungkinan tidak ada terik matahari seperti saat musim hujan, maka jumlah baterai yang dibutuhkan dengan konfigurasi 12 v 10 Ah yaitu 7 buah, panel 50wp 4 buah, dan kapasitas SCC (*Solar Charge Controller*) sebesar 10 A.

Tahap selanjutnya pengujian pengukuran jarak LoRa, dimana tahap ini dilakukan pada daerah yaitu kecamatan Selakau, dalam dua kali pengukuran dimana pengukuran pertama dilakukan saat kondisi cuaca cerah dan indikator pengukuran adalah led dan *buzzer*. Pada pengukuran kedua dilakukan saat kondisi cuaca tidak ideal berdasarkan informasi BMKG kabupaten sambas dengan indikator pengukuran adalah pembacaan serial monitor, pengukuran dilakukan dengan antena 3 dbi dengan ketinggian antena adalah ± 15 meter. Pada gambar dibawah ini merupakan titik-titik dari pengukuran yang dilakukan dimana gambar menggunakan *google earth*.



Gambar 14. Titik-Titik Pengukuran LoRa (Google.Earth)

TABEL I. PENGUKURAN JANGKAUAN LORA PERTAMA.

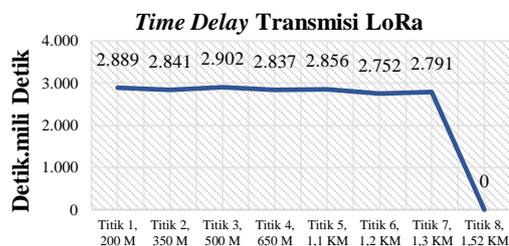
Titik	Kondisi Cuaca Berdasarkan BMKG	Jarak	Kondisi Indikator Penerima Sinyal
1	Cerah Sedikit Berawan	200 M	ON dan OFF sesuai Konfigurasi delay
2	Cerah Sedikit Berawan	350 M	ON dan OFF sesuai Konfigurasi delay
3	Cerah Sedikit Berawan	500 M	ON dan OFF sesuai Konfigurasi delay
4	Cerah Sedikit Berawan	650 M	ON dan OFF sesuai Konfigurasi delay
5	Cerah Sedikit Berawan	1,1 KM	ON dan OFF sesuai Konfigurasi delay
6	Cerah Sedikit Berawan	1,3 KM	ON dan OFF sesuai Konfigurasi delay
7	Cerah Sedikit Berawan	1,52 KM	ON dan OFF sedikit lebih lambat dari Konfigurasi delay
8	Cerah Sedikit Berawan	1,87 KM	OFF Tidak Ada Respon
9	Cerah Sedikit Berawan	1,58 KM	ON dan OFF Sangat Lambat dari Konfigurasi delay

Pada tabel 1 pengukuran awal, kinerja sistem terlihat baik hingga titik ke-7, meskipun pada titik tersebut terjadi sedikit jeda dalam indikator. Namun, pada titik ke-8, respon tidak terdeteksi karena LoRa dengan antena 3 dbi tidak dapat menjangkau jarak tersebut. Titik ke-9, meskipun mendekati titik ke-7, menunjukkan delay yang signifikan pada respon indikator.

TABEL II. PENGUKURAN JANGKAUAN LORA KEDUA.

Titik	Jarak	Kondisi Cuaca (BMKG)	Data Sinyal	Waktu Pengirim	Waktu Penerima	RSSI	Jeda
1	200 M	Mendung, Gerimis	Angka 1	15:42:48.7	15:42:51.6	-60	2.88
2	350 M	Mendung, Gerimis, Angin Kencang	Angka 2	15:44:26.6	15:44:29.5	-87	2.84
3	500 M	Mendung, Hujan Sedang, Angin Kencang	Angka 3	15:45:19.8	15:45:22.7	-101	2.9
4	650 M	Mendung, Gerimis	Angka 4	15:46:39.6	15:46:42.4	-103	2.83
5	1,1 KM	Mendung, Gerimis	Angka 5	15:49:15.3	15:49:18.1	-104	2.85

6	1,2 KM	Berawan	Angka 6	16:07:29.9	16:07:32.6	-104	2.75
7	1,3 KM	Berawan	Angka 7	16:08:15.1	16:08:17.9	-104	2.79
8	1,52 KM	Berawan, Gerimis	Angka 8	16:10:18.4	-	-	0
Rata-Rata Selisih Jeda Timing							2,83



Gambar 15. Grafik Time Delay Pengukuran Kedua.

Pada tabel 2 pengukuran kedua, LoRa menunjukkan respon baik hingga titik ke-7, dengan rata-rata *time delay* sekitar 2.838 detik, dipengaruhi oleh kondisi cuaca kurang ideal (berdasarkan data BMKG). Namun, pada titik ke-8, tidak ada respon LoRa antara pemancar dan penerima, dengan jarak pengukuran kedua lebih pendek dari pengukuran pertama (1,3 KM dari 1,52 KM) dalam kondisi cuaca yang kurang ideal. RSSI terbaca mulai terbatas pada titik ke-6, dan *time delay* tertinggi terjadi pada titik ke-3 dengan kondisi cuaca sangat tidak ideal, yaitu hujan dan angin kencang, mencapai 2.902 detik.

Hasil pengukuran menunjukkan titik terjauh pada kondisi cuaca cerah sejauh 1,52 KM, dan pada kondisi tidak ideal sejauh 1,3 KM dari pemancar, yang ditempatkan pada ketinggian ±15 meter dari permukaan tanah.

Pada tabel dibawah ini adalah pengujian sistem kontrol otomatis pencahayaan, dimana saat sensor menerima cahaya lebih dari 10 lux maka lampu akan meredup dan perlahan terang jika kurang dari 10 lux sehingga sistem akan mempertahankan pencahayaan sesuai dengan standar pencahayaan yang disukai burung walet yaitu tidak lebih dari 10 lux.

TABEL III. PENGUJIAN SISTEM PENCAHAYAAN OTOMATIS

Alat Pengujian	Jarak Uji	Hasil Diharapkan	Hasil Pengujian	Validasi
Senter HP	5 cm	Lampu Redup Total	Lampu Redup Total	Sesuai
Senter HP	15 cm	Lampu Redup	Lampu Redup	Sesuai
Senter HP	50 cm	Lampu Sedikit Meredup	Lampu Tidak Terlihat Respon	Tidak Sesuai

Hasil pengujian pencahayaan otomatis menunjukkan bahwa alat berfungsi dengan baik

pada jarak pendek. Pada jarak 5 cm, lampu meredup total, dan pada jarak 15 cm, lampu meredup sesuai harapan. Namun, pada jarak diatas 50 cm, lampu tidak merespons dengan baik, menandakan adanya keterbatasan alat pada jarak yang lebih jauh.

Tahap dibawah ini merupakan tahapan pengujian sistem kendali suhu dan kelembaban otomatis, dimana bila suhu lebih dari 29°C maka kipas akan ON, serta bila kelembaban kurang dari 95% maka *mist maker* akan ON. Sistem ini akan menyesuaikan standar suhu dan kelembaban yang disukai burung walet yaitu suhu 26°C - 29°C, kelembaban 80% - 95%.

TABEL IV. PENGUJIAN SISTEM KENDALI SUHU DAN KELEMBABAN OTOMATIS

Alat Pengujian	Hasil Diharapkan	Hasil Pengujian	Validasi
Solder Uap ON	Saat Suhu >29°C, Kipas ON	Pembacaan Suhu >±29°C, Kipas ON	Sesuai
Solder Uap OFF	Saat Suhu <29°C, Kipas OFF	Pembacaan Suhu <±29°C, Kipas ON	Sesuai
Genggaman Tangan	Saat Kelembaban <95%, Mist Maker ON	Pembacaan Kelembaban <±95%, Mist Maker ON	Sesuai
Genggaman Tangan	Saat Kelembaban >95%, Mist Maker OFF	Pembacaan Kelembaban >±95%, Mist Maker OFF	Sesuai

Sistem pengatur suhu dan kelembaban otomatis berdasarkan pengujian pada tabel 4, didapatkan bahwa sistem beroperasi sesuai dengan kondisi yang ditetapkan. Ketika suhu melebihi 29°C, kipas blower diaktifkan, memberikan respon yang sesuai untuk menjaga suhu di dalam batas. Selain itu, ketika kelembaban turun di bawah 95%, *Mist Maker* (pembuat embun air) diaktifkan, menunjukkan sistem dapat menjaga kelembaban pada tingkat yang diinginkan.

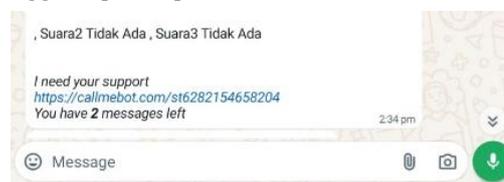
Pada tabel dibawah ini merupakan pengujian sistem moniotor kondisi speaker pemanggil burung walet menggunakan sensor suara MAX4466.

TABEL V. PENGUJIAN SISTEM MONITOR SPEAKER.

Alat Pengujian	Hasil Diharapkan	Hasil Pengujian	Validasi
Speaker HP ON	Sensor Suara 1-3 MAX4466 Mendeteksi Suara, Tidak ada Peringatan Pada Monitoring WhatsApp	Sensor Suara 1-3 Mendeteksi Suara, Tidak ada Peringatan Saat Pesan Monitoring Masuk	Sesuai

Speaker HP OFF	Sensor Suara 1-3 MAX4466 Tidak Mendeteksi Suara, Peringatan Pada Monitoring WhatsApp	Sensor Suara 1-3 Tidak Mendeteksi Suara, Peringatan Masuk Menunjukkan Speaker Pemanggil Walet Mana Yang Tidak Aktif Saat Pesan Monitoring Masuk	Sesuai
----------------	--	---	--------

Hasil pengujian monitor suara pada speaker pemanggil menunjukkan hasil yang sesuai harapan. Speaker yang berfungsi normal (suara terdeteksi) tidak ditampilkan pada pesan monitor WhatsApp. Sebaliknya, speaker yang tidak menghasilkan suara (speaker 2 dan 3) ditampilkan dengan peringatan pada pesan monitor, menunjukkan adanya kerusakan atau gangguan pada speaker tersebut.



Gambar 16. Pengujian Monitor Suara Pemanggil

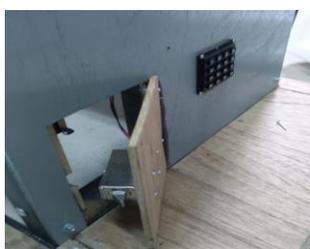
Pada tabel dibawah ini merupakan pengujian sistem keamanan yang dirancang dimana saat sensor getar mendapat getaran kuat yang dihasilkan oleh pengebolan dinding rumah walet dengan palu ataupun alat bantu lainnya dan saklar yang ditempatkan pada mulut LMB (Lubang Masuk Burung) aktif maka akan memicu peringatan dan kode yang dimasukan sesuai ataupun saklar darurat aktif maka pintu akan terbuka.

TABEL VI. PENGUJIAN SISTEM KEAMANAN

Pegujian	Hasil Diharapkan	Hasil Pengujian	Validasi
Kode Benar atau Saklar Darurat Aktif	Pintu Terbuka	Solenoid Door Lock Aktif Pintu Terbuka	Sesuai
Kode Salah	Pintu Tidak Terbuka	Solenoid Door Lock Tidak Aktif Pintu Tidak Terbuka	Sesuai
Getaran Kecil	Tidak Ada Peringatan Alarm dan Pesan Spam WhatsApp	Tidak Ada Peringatan Alarm dan Pesan Spam WhatsApp	Sesuai
Getaran Sedang	Tidak Ada Peringatan Alarm dan Pesan Spam WhatsApp	Tidak Ada Peringatan Alarm dan Pesan Spam WhatsApp	Sesuai
Getaran Besar atau Kuat	Peringatan Alarm Aktif dan Spam WhatsApp	Peringatan Alarm Aktif dan Spam WhatsApp	Sesuai

Switch Pada LMB	Peringatan Alarm Aktif dan Spam WhatsApp	Peringatan Alarm Aktif dan Spam WhatsApp	Sesuai
-----------------	--	--	--------

Pada tabel 6 pengujian sistem keamanan yang telah dirancang, didapatkan semua kondisi pengujian sesuai dengan perancangan, dimana saat kode benar atau saklar darurat aktif maka pintu akan terbuka dan sistem alarm keamanan akan off. Pada getaran berikut penjelasan klasifikasinya. Getaran kecil berupa ketukan jari, getaran sedang berupa senggolan atau benturan fisik seperti saat bersandar di dinding, getaran kuat berupa pukulan ke dinding, tendangan hingga pukulan palu.



Gambar 17. Pintu Saat Kode Benar

Gambar tersebut menunjukkan bahwa pintu terbuka saat kode benar dimasukkan atau saat saklar darurat diaktifkan. Saklar pada pintu mendeteksi kondisi pintu; jika pintu terbuka, saklar aktif dan mematikan sistem keamanan dari sensor getar dan saklar LMB. Ketika pintu ditutup, saklar nonaktif dan sistem keamanan kembali aktif. Jika pintu tertutup karena faktor luar, pemilik dapat mengaktifkan saklar darurat dari dalam rumah walet.

Pada sistem alarm keamanan saat kondisi terpenuhi selama pintu tidak terbuka maka alarm pada rumah walet aktif selama 5 menit, dan peringatan akan diteruskan melalui komunikasi LoRa kerumah pemilik sehingga alarm pada rumah pemilik juga akan aktif dan kontroler ESP 32 meneruskan peringatan melalui pesan spam WhatsApp selama 30 detik sekali selama 5 menit.



Gambar 18. Peringatan Alarm Keamanan Pada WhatsApp.

Pada tampilan monitor peringatan diatas merupakan bentuk spam yang didapatkan saat

status keamanan sedang aktif dimana spam tersebut tidak bergantung pada interval waktu pesan monitoring ke *WhatsApp* masuk.

Pada tahap lanjutan ini adalah pengujian sistem minitoring yang berjalan selama 5 menit, 10 menit, dan 20 menit untuk mengirim pesan minitoring suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan status speaker yang tidak ada suara, rusak atau mengalami gangguan lainnya.

TABEL VII. PENGUJIAN INTERVAL SISTEM

Interval	Hasil Diharapkan	Hasil Pengujian	Validasi
5 menit	Menampilkan Hasil Monitor Sistem Pertama Dalam Interval 5 menit Sesuai Pembacaan Sistem Pertama pada WhatsApp	Dapat Menampilkan Hasil Monitoring Secara Utuh Dalam 5 menit Pada Pesan WhatsApp	Sesuai
10 menit	Menampilkan Hasil Monitor Sistem Pertama Dalam Interval 10 menit Sesuai Pembacaan Sistem Pertama pada WhatsApp	Dapat Menampilkan Hasil Monitoring Secara Utuh Dalam 10 menit Pada Pesan WhatsApp	Sesuai
20 menit	Menampilkan Hasil Monitor Sistem Pertama Dalam Interval 20 menit Sesuai Pembacaan Sistem Pertama pada WhatsApp	Dapat Menampilkan Hasil Monitoring Secara Utuh Dalam 20 menit Pada Pesan WhatsApp	Sesuai

Pada bagian dibawah ini menunjukkan hasil penerapan sistem yang telah di rancang dengan membandingkan data sebelum sistem kontrol otomatis dijalankan dengan data setelah sistem kontrol otomatis dijalankan. Sistem kontrol otomatis ini adalah kontrol otomatis penyesuaian suhu dengan kipas, kelembaban dengan *mist maker*, dan intensitas cahaya dengan lampu tiap lantai oleh sistem.

TABEL VIII. DATA SEBELUM.

Data Sebelum Sistem Kontrol Otomatis Aktif						
Waktu	lantai 1			lantai 2		
	Lampu	Suhu	Kelembaban	Lampu	Suhu	Kelembaban
Menit 10	26,2 lux	31,1	62,5	25,2 lux	31,3	66
Menit 20	25,9 lux	31,3	62,5	26,5 lux	31,6	65,5
Menit 30	25,9 lux	31,1	62,2	25,8 lux	31,4	65,5
Menit 40	25,7 lux	31,2	62,4	25,3 lux	31,5	65,5
Menit 50	25,8 lux	31,4	62,5	26,2 lux	31,6	65,6
Menit 60	26,1 lux	31,3	62,3	25,7 lux	31,4	64,8
Rata-rata	25,9 lux	31,2	62,4	25,8 lux	31,5	65,5

Pada tabel diatas, menunjukkan nilai rata-rata suhu, kelembaban dan intensitas cahaya pada lantai 1 dan 2 tidak berada pada rentang ideal yang disukai burung walet yaitu suhu 26°C - 29°C, kelembaban 80% - 95%, intensitas cahaya tidak lebih dari 10 lux.

Berikut ini data setelah sistem kontrol otomatis dijalankan.

TABEL IX. DATA SESUDAH.

Data Sebelum Sistem Kontrol Otomatis Aktif						
Waktu	lantai 1			lantai 2		
	Lampu	Suhu	Kelembaban	Lampu	Suhu	Kelembaban
Menit 10	7,87 lux	28,1	87,5	8,33 lux	31,3	87,2
Menit 20	9,35 lux	28,3	87,7	8,33 lux	31,6	87,9
Menit 30	9,19 lux	28,1	88,1	9,17 lux	31,4	88,5
Menit 40	9,4 lux	28,2	88,2	8,33 lux	31,5	88,4
Menit 50	8,84 lux	28,4	87,7	8,33 lux	31,6	87,8
Menit 60	8,79 lux	28,3	88,9	8,33 lux	31,4	88,1
Rata-rata	8,9 lux	28,2	88,02	8,5 lux	31,	87,98

Pada tabel data diatas menunjukkan data sesudah sistem kontrol otomatis pengaturan suhu, kelembaban dan intensitas cahaya lampu pada lantai 1 dan 2 sesuai dengan rentang ideal yang disukai burung walet yaitu suhu 26°C - 29°C, kelembaban 80% - 95%, intensitas cahaya tidak lebih dari 10 lux. Pada kelembaban yang di ukur saat *mist maker* aktif kelembaban akan perlahan naik seperti pada tabel, untuk ilai yang naik setelah itu sedikit turun disebabkan oleh faktor toleransi *error* pembacaan sensor DHT 22.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan solusi inovatif untuk mengatasi tantangan dalam monitoring dan keamanan rumah walet, terutama yang berlokasi jauh dari pemukiman dan memiliki keterbatasan akses sinyal serta listrik. Integrasi teknologi IoT, komunikasi jarak jauh LoRa, dan sistem energi terbarukan PLTS telah terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan rumah walet. Sistem yang dirancang mampu menjaga kondisi optimal ruangan walet secara otomatis, dengan suhu terjaga pada rentang 26°C-29°C, kelembaban 80%-95%, dan intensitas cahaya di bawah 10 lux, sesuai dengan kebutuhan ideal burung walet. Penggunaan LoRa sebagai media komunikasi jarak jauh tanpa internet berhasil mengatasi

keterbatasan sinyal, dengan jangkauan efektif hingga 1,52 km dalam kondisi cuaca cerah. Pada hasil pengujian jarak jangkau LoRa dengan antena 3 dbi, dapat menjadi parameter untuk menentukan kebutuhan antena berdasarkan jarak jauh dekatnya rumah walet dengan rumah pemilik. Sistem keamanan yang terintegrasi berhasil mendeteksi potensi ancaman dan memberikan notifikasi *real-time* kepada pemilik melalui *WhatsApp*, meningkatkan respons terhadap situasi darurat. Implementasi PLTS dengan panel surya 50Wp dan baterai 12V 10Ah terbukti mampu menyediakan sumber energi yang stabil dan berkelanjutan untuk sistem, mengatasi masalah keterbatasan listrik di lokasi terpencil. Penelitian ini tidak hanya menjawab permasalahan praktis dalam budidaya sarang walet, tetapi juga membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam penerapan teknologi pada sektor pertanian dan peternakan di daerah terpencil. Dengan demikian, sistem ini berpotensi meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam budidaya sarang walet, sekaligus mendukung upaya konservasi dan pemanfaatan energi terbarukan.

5.2 SARAN

Adapun saran-saran dari hasil kekurangan dan kelemahan penelitian ini untuk dilakukannya pengembangan ataupun implementasi yang hendak dilakukan, disarankan menggunakan antena dBi yang lebih tinggi untuk mencapai jangkauan yang lebih jauh, dan sebaiknya memesan langsung dari pabrikan. Gunakan provider atau platform yang disediakan khusus untuk sistem IoT (*Internet of Things*) seperti Blynk, Thingspeak, Telkomsel IoT, dan sebagainya, untuk mendapatkan sistem monitor yang lebih baik. Untuk penggunaan modul LoRa, sebaiknya menggunakan frekuensi 900 MHz ke atas sesuai dengan peraturan khusus LoRa yang dikeluarkan oleh Kementerian Komunikasi dan Informasi (Kominfo) di Indonesia.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga dapat terselesaikannya penelitian ini. Pada kesempatan ini terima kasih kepada :

5.1 Kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, dan bantuan finansial, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

5.2 Dosen Pembimbing Utama dari Program Studi Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika, Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Pontianak, yang telah mendedikasikan waktu dan pemikirannya untuk membimbing penulis selama proses penelitian ini.

5.3 Dosen Pembimbing Pendamping dari Program Studi Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Pontianak, atas kontribusinya dalam menyediakan waktu, ruang, dan peralatan yang diperlukan untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA:

- [1] M. Muliati and B. Dawiya, "Studi Usaha Sarang Burung Walet Meningkatkan Pendapatan Desa dalam," *J. Mirai Manaj.*, vol. 7, no. 1, pp. 182–199, 2022.
- [2] A. H. Mulia, *Cara Jitu Memikat Walet*. 2010. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=56I-o5bvtQsC&oi=fnd&pg=PR3&dq=cara+jitu+memikat+walet&ots=UpsTvQfPk7&sig=RhQb-d9xkvwDRuJLBJg1jkLohro&redir_esc=y#v=onepage&q=cara+jitu+memikat+walet&f=false
- [3] "New LoRa world record: 1336 km / 830 mi." <https://www.thethingsnetwork.org/article/new-lora-world-record-1336-km-830-mi> (accessed Aug. 26, 2024).
- [4] I. Ariyani, "Rancang Bangun Sistem Pengendali Suhu," 2018. [Online]. Available: <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/11961/>
- [5] B. Sokhi and E. A. Kadir, "Sistem Keamanan Rumah Walet Menggunakan Sensor Cahaya dan Sensor Getaran Diintegrasikan Dengan SMS Notifikasi," *IT J. Res. Dev.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2019, doi: 10.25299/itjrd.2019.vol3(1).xxxx.
- [6] Jecky, "SISTEM PENGAMAN RUMAH WALET MENGGUNAKAN SHORT MESSAGE SERVICE (SMS) DAN ALARM PEREKAM SUARA SENDIRI," Politeknik Negeri Pontianak, 2019.
- [7] M. Ariandi and J. Alvinser, "Prototipe Sistem Monitoring Rumah Walet Berbasis IoT," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 7, no. April, pp. 920–927, 2023, doi: 10.30865/mib.v7i2.5897.
- [8] O. MASDAR, "Desain Sistem Plts Untuk Pompa Air Menara Iqra Kampus Unismuh Makassar," 2018. [Online]. Available: <file:///E:/KULIAH/SM4/KKW/perancangan+plts1.pdf>
- [9] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emitor.v18i01.6251.
- [10] D. Darwin, A. Panjaitan, and S. Suwarno, "Analisa pengaruh Intesitas Sinar Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Sel Surya Jenis Monokristal," *J. MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 1, no. 2, pp. 99–106, 2020, doi: 10.53695/jm.v1i2.105.
- [11] S. Manai, *Membuat Sendiri Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Google Play Books, 2015. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/Membuat_Sendiri_Pembangkit_Listrik_Tenaga/twdABAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=pembangkit+listrik+sel+surya&printsec=frontcover
- [12] F. Pradana, I. Salamah, and M. Fadhli, "yang berada di depannya (People follower). Koper yang di rancang ini menggunakan," *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, vol. 5, no. 1, pp. 131–139, 2022.
- [13] Aosong Electronics Co., *DHT22 Temperature and Humidity Sensor Datasheet*. 2003.
- [14] L. W. Module, *E220-400T22D User Manual*.
- [15] D. Kusumayani, C. Suhery, P. Studi, R. Sistem, U. Tanjungpura, and K. Pontianak, "SIMULASI INTERNET OF THINGS (IOT) PADA BUDI DAYA JAMUR TIRAM," *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, vol. 6, no. 2, pp. 170–180, 2023.
- [16] Yana Karisma, N. D. S. Ismail, Shinta Esabella, Erwin Mardinata, and Rodianto, "Penerapan Speech To Text Pada Aplikasi Kamus Bahasa Sumbawa Indonesia Inggris Berbasis Android," *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, vol. 5, no. 2, pp. 230–241, 2022, doi: 10.36595/jire.v5i2.751.