

RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN GUDANG PENYIMPANAN MENGGUNAKAN TRANSMISI LORA

Charisma Dimas Affandi¹⁾ Pauladie Susanto²⁾ Musayyanah³⁾

Program Studi/Jurusan Teknik Komputer
Universitas Dinamika

Jl. Raya Kedung Baruk 98 Surabaya, 60298

Email: 1) charismaaffandi1@gmail.com, 2) pauladie@dinamika.ac.id, 3) musayyanah@dinamika.ac.id

Abstrak: Pencurian dengan pemberatan marak terjadi khususnya di daerah pedesaan yang jarang didukung oleh teknologi komunikasi, maka diciptakan sebuah sistem untuk meningkatkan keamanan gudang penyimpanan dengan transmisi LoRa yang mampu mengirimkan data jarak jauh. Ketika terdapat pintu gudang yang terbuka, maka sistem ini mengirimkan data tersebut menuju rumah pemilik gudang dengan transmisi LoRa berupa keterangan pintu yang terbuka, sehingga pemilik gudang dapat mendeteksi pencurian lebih awal. Hasil dari pengujian transmisi LoRa pada dini hari menghasilkan persentase keberhasilan sebesar 99.61% pada jarak 1.40 Km dan persentase keberhasilan sebesar 99.06% pada jarak 2.15 Km. Pengujian keseluruhan sistem yang telah diuji coba pada jarak 1.4 Km dan waktu dini hari menghasilkan persentase keberhasilan sebesar 95.15%. *Error* yang terjadi dikarenakan terjadinya *packet loss*. Hal ini dipengaruhi oleh jarak dari pengiriman, yang dibuktikan dengan semakin jauh jarak pengujiannya, maka persentase keberhasilan berkurang. Selain itu koneksi seluler di sekitar area pengujian juga berpengaruh. Dimana pada sore hari *traffic* jaringan seluler lebih padat dibandingkan dengan waktu dini hari, yang dibuktikan dengan hasil pengujian pada sore hari terjadi penurunan persentase keberhasilan sebesar 5%. Secara keseluruhan sistem keamanan yang telah dibuat dan diuji coba menghasilkan kesimpulan bahwa sistem keamanan pada penelitian ini sudah menunjukkan hasil yang baik.

Keywords: LoRa, Security, Theft, Wireless, Android.

PENDAHULUAN

Banyak kasus kejahatan yang terjadi di lingkungan pedesaan karena minimnya sistem keamanan yang ada, seperti kasus pencurian sebuah gudang penyimpanan yang terjadi di Dusun Rejosari, Desa Jati, Kecamatan Masaran, Sragen. Pada kasus pencurian tersebut pemilik gudang mengalami kerugian sebesar Rp.307.450.000 yang berhasil dibawa kabur oleh pencuri (Radar Solo, 2019). Pencurian tersebut terjadi dikarenakan kurangnya tingkat keamanan yang ada pada gudang tersebut, sehingga pencuri dapat dengan mudah masuk kedalam gudang. Kepolisian Indonesia membagi kasus pencurian menjadi tiga kategori yaitu pencurian kendaraan bermotor (Curanmor), pencurian dengan pemberatan (Curat), dan pencurian dengan kekerasan (Curas) (Zahra, 2019). Dari tiga jenis pencurian itu, pencurian dengan pemberatan yang paling sering terjadi. Pencurian

pada gudang penyimpanan khususnya di lingkungan pedesaan masuk dalam kategori pencurian dengan pemberatan.

Menurut data dari Polda Metro Jaya, selama tahun 2017 telah terjadi pencurian dengan pemberatan sebanyak 2043 kasus yang terjadi dan pada tahun 2018 terjadi penurunan jumlah kasus pencurian dengan pemberatan menjadi 1584 kasus (Polda Metro Jaya, 2018). Meskipun terjadi penurunan jumlah kasus pencurian dapat dikatakan kasus pencurian dengan pemberatan masih tergolong sangat banyak.

Melihat besarnya angka pencurian dengan pemberatan, maka diperlukan perancangan sistem keamanan gudang penyimpanan dengan cara *memonitor* gudang yang ada pada lingkungan pedesaan secara *real time* saat ditinggal pemiliknya agar aktivitas pencurian dapat terdeteksi lebih awal, sehingga untuk mendukung sistem keamanan gudang penyimpanan yang baik dibutuhkan

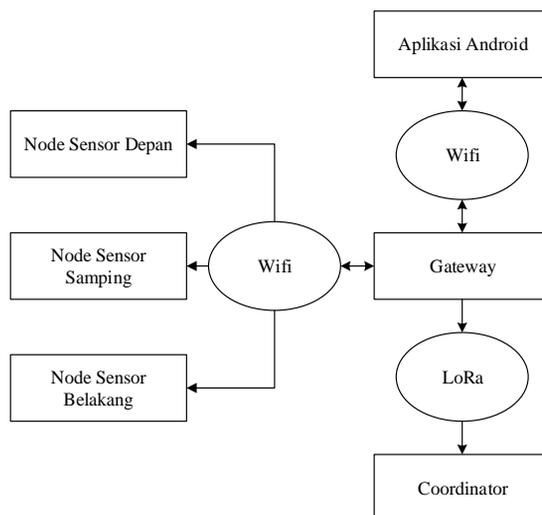
komunikasi antara pemilik gudang yang nantinya menerima informasi dari gudang yang ditinggalkan dalam keadaan kosong.

Pada penelitian ini dibuat sistem keamanan dengan menggunakan transmisi LoRa untuk melakukan pengiriman informasi dari gudang menuju rumah pemilik gudang. Penggunaan transmisi LoRa diharapkan dapat mengatasi masalah jarak yang mencakup lingkungan perdesaan. Untuk menambah tingkat keamanan gudang, penggunaan sensor *limit switch* diletakan pada 3 pintu gudang yang diintegrasikan dengan mikrokontroler, serta aplikasi android yang dihubungkan dengan mikrokontroler dengan menggunakan jaringan lokal wifi yang bertujuan untuk menandakan gudang dalam keadaan kosong ataupun tidak. Komunikasi yang digunakan untuk menghubungkan 3 *node* sensor yang dipasang di setiap pintu gudang dan 1 *gateway* menggunakan jaringan lokal wifi, sehingga keempat mikrokontroler saling terintegrasi pada 1 jaringan lokal wifi dan terdapat 1 mikrokontroler yang bertugas sebagai *gateway* untuk menerima data dari 3 *node* sensor dan mengirimkan semua informasi sensor ke *coordinator* yang ada di rumah pemilik gudang dengan menggunakan transmisi LoRa, serta memberikan informasi data yang diterima melalui LCD, LED, dan Buzzer yang berada di rumah pemilik gudang.

METODE PENELITIAN

Menurut (Yunus, 2018), kelebihan LoRa adalah teknologi yang menggabungkan kelebihan dari komunikasi seluler dan BLE, memiliki daya yang rendah tetapi dapat berkomunikasi pada jarak yang jauh. Tetapi dalam hal kecepatan, LoRa hanya memiliki kecepatan transmisi 0.3-50 kbps, sehingga pada penelitian ini mengirimkan data dengan ukuran yang kecil untuk meminimalisi hilangnya data saat proses pengiriman.

Perangkat LoRa yang digunakan mengacu pada peraturan PERDIRJEN SDPPI No. 3 Tahun 2019 tentang LPWA (*Low power wide area*) wajib memenuhi karakteristik utama yaitu pita frekuensi radio dengan rentan 920-923 MHz (Kominfo, 2019). Pada penelitian ini menggunakan LoRa dengan frekuensi 920 MHz, dengan itu frekuensi yang digunakan masih termasuk kedalam kategori sesuai dengan peraturan pemerintah. Terdapat beberapa antena yang dapat digunakan pada perangkat LoRa. Pada penelitian ini antena yang digunakan adalah 915 MHz SMA *male connector* dengan *gain* 3 dBi yang memiliki polarisasi Linier.



Gambar 1. Model perancangan

Pada gambar 1 dapat dilihat ada beberapa bagian dari topologi yang dimana setiap bagian tersebut memiliki tugasnya masing-masing.

a. Node Sensor

Pada penelitian ini jumlah *node* sensor yang digunakan berjumlah 3 *node* sensor terdiri dari *node* depan, *node* samping, dan *node* belakang. Seluruh *node* memiliki fungsi yang sama yaitu sebagai pendeteksi status dari pintu gudang melalui sensor *limit switch*. Pada setiap *node* sensor dilengkapi dengan modul komunikasi wifi yang digunakan sebagai jalur pengiriman data sensor dari *node* sensor menuju *gateway* yang nantinya dilanjutkan menuju *coordinator* melalui transmisi LoRa serta LED sebagai penanda dari status sistem dalam kondisi aktif atau nonaktif.

b. Aplikasi Android

Aplikasi android berfungsi sebagai perangkat input yang dimana pada aplikasi android yang dibuat terdapat 3 tombol input yaitu:

- Cek Status: merupakan tombol yang digunakan untuk mengecek kondisi sistem saat ini dalam kondisi aktif ataupun nonaktif
- Mode Aktif: merupakan tombol yang digunakan untuk menandakan gudang dalam keadaan kosong
- Mode Nonaktif: merupakan tombol yang menandakan pemilik gudang telah berada di gudang miliknya

c. Gateway

Pada penelitian ini *gateway* adalah perangkat yang bertugas sebagai Jembatan antara komunikasi data yang ada di gudang menuju ke rumah pemilik gudang dengan komunikasi

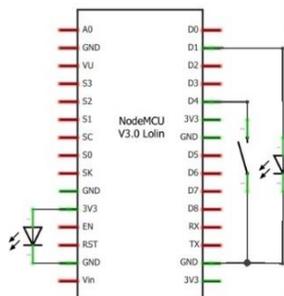
point to point. Data yang ada pada *node* sensor dikirimkan menuju *gateway* melalui jaringan wifi dan dikirimkan menuju *coordinator* yang berada pada rumah pemilik melalui komunikasi LoRa. *Gateway* juga bertugas untuk mengaktifkan dan menonaktifkan fungsi seluruh *node* sensor, dimana jika terdapat *input* data gudang pada keadaan kosong, maka seluruh *node* sensor aktif dan mengirimkan data menuju *gateway* yang dilanjutkan menuju *coordinator*, dan apabila *gateway* menerima input keadaan aman, maka *gateway* menonaktifkan fungsi dari seluruh *node* sensor yang ada di gudang melalui notifikasi LED.

d. *Coordinator*

Coordinator berfungsi sebagai tujuan akhir dari pengiriman data. *Coordinator* terletak di rumah pemilik gudang dan bertanggung jawab atas penerimaan data yang telah dikirimkan oleh *gateway* melalui transmisi LoRa. Data yang diterima oleh *coordinator* diproses untuk menghasilkan informasi yang dibutuhkan oleh pemilik gudang. Informasi dari data yang diterima disampaikan dengan perangkat *output* berupa LED, LCD, dan buzzer.

1. *Perancangan Hardware*

Perancangan perangkat keras mencakup rancangan skematik yang mengatur *port* pada setiap modul yang digunakan, pembuatan rangkaian, dan perancangan *prototype* pada tiap bagian yang meliputi *node* sensor, *gateway*, *coordinator*.



Gambar 2. Rangkaian *node* sensor

Limit switch pada *node* sensor digunakan untuk mendeteksi keadaan pintu gudang dalam keadaan terbuka atau tertutup. *Limit switch* memiliki pengkondisi *normally close* dan *normally open* dimana pada penelitian ini menggunakan pengkondisi *normally close*. Pada rangkaian *node* sensor terdapat dua buah LED, LED merah dan LED putih. LED merah pada rangkaian *node* sensor digunakan untuk menandakan status siaga. LED

merah mati ketika status dari sistem nonaktif dan menyala jika status sistem aktif atau siaga.



Gambar 3. Hasil rangkaian *node* sensor

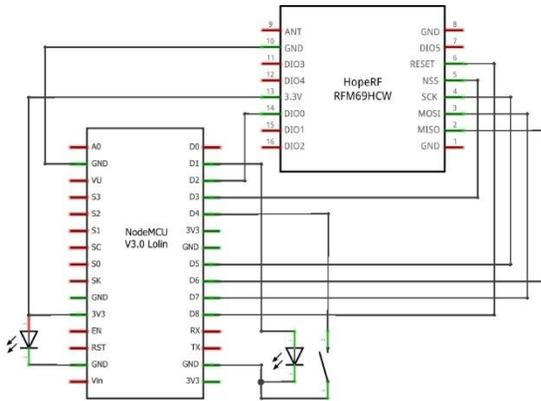


Gambar 4. Peletakan sensor *Limit Switch*



Gambar 5. *Prototype node* sensor

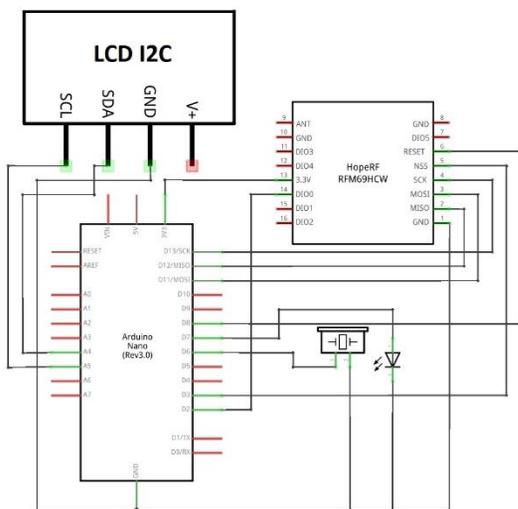
LoRa digunakan sebagai transmisi komunikasi dari gudang menuju rumah pemilik, sehingga LoRa hanya digunakan pada *gateway* dan *coordinator* sebagai jalur komunikasi *point to point*. Pada rangkaian *gateway* terdapat dua buah LED, LED merah dan LED putih. LED merah pada rangkaian *gateway* digunakan untuk menandakan status siaga ataupun status aman yang diterima dari aplikasi android. LED merah mati ketika status dari sistem nonaktif dan menyala jika status sistem aktif atau siaga.



Gambar 6. Rangkaian Gateway



Gambar 7. Prototype Gateway



Gambar 8. Rangkaian Coordinator

LoRa pada *coordinator* digunakan sebagai transmisi komunikasi dari gudang menuju rumah pemilik, sehingga data yang dikirimkan dari *gateway* dapat diterima oleh *coordinator*. Rangkaian I2C LCD terletak pada *coordinator* di rumah pemilik sebagai sarana output untuk menampilkan status sistem dan pintu gudang. Rangkaian *buzzer* digunakan untuk menandakan status terdeteksinya pencurian. Pada rangkaian *coordinator* terdapat LED merah untuk menandakan status siaga. LED merah mati ketika

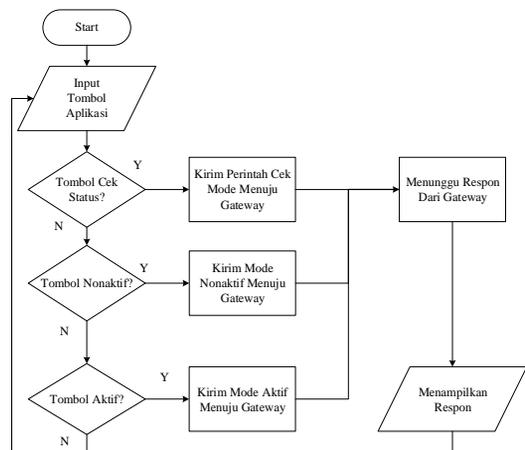
status dari sistem nonaktif dan menyala jika status sistem aktif atau siaga.



Gambar 9. Prototype Coordinator

2. Perancangan Software

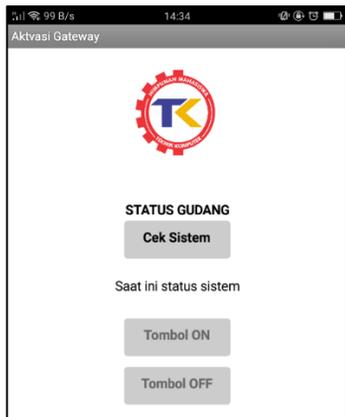
Pada penelitian ini terdapat beberapa alur komunikasi data yang ada pada sistem, mulai dari aplikasi hingga diterima oleh *coordinator*. Alur komunikasi pada sistem diawali dari pengiriman data yang ada pada aplikasi yang dikirimkan menuju *gateway* menggunakan komunikasi wifi. Data yang dikirimkan adalah data status hidup atau matinya sistem komunikasi yang didapatkan dari penekanan tombol pada aplikasi.



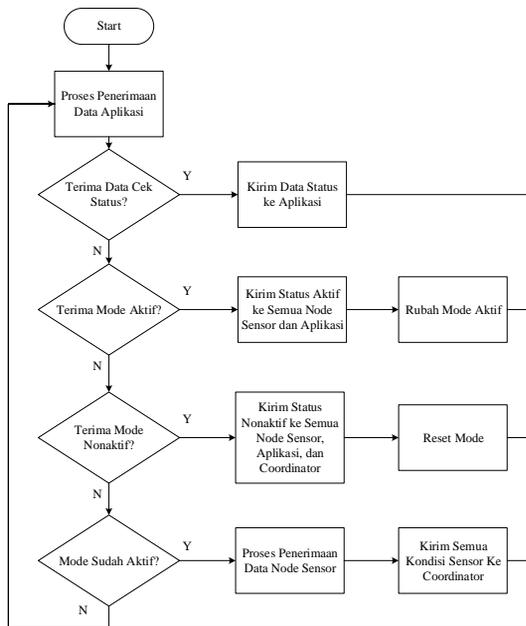
Gambar 10. Flowchart aplikasi android

Setelah *gateway* mendapatkan status aktif atau nonaktif dari aplikasi, maka *gateway* meneruskan data tersebut menuju *node* sensor secara bergantian melalui jaringan wifi. Mulai dari komunikasi *gateway* menuju *node* 1 lalu *gateway* menunggu respon dari *node* 1 berupa data sensor, setelah *gateway* menerima data sensor dari *node* 1 selanjutnya *gateway* melakukan komunikasi menuju *node* 2 dan menunggu respon, begitu juga komunikasi yang dilakukan menuju *node* 3 setelah menerima data sensor dari *node* 2, sehingga seluruh data sensor yang dikumpulkan pada *gateway*

merupakan hasil dari komunikasi pada *node* 1, 2, dan 3 secara bergantian.



Gambar 11. Hasil aplikasi android



Gambar 12. Flowchart Gateway

Tipe data yang digunakan pada pengiriman menuju *coordinator* adalah *byte* dimana tujuannya untuk dapat mengirimkan data sekecil mungkin, sehingga meminimalisir terjadinya kehilangan data. Dalam 1 byte terdiri dari 8 bit biner yang dimana pada sistem ini hanya menggunakan 4 bit biner dari bit 0 hingga bit 3 seperti yang dapat dilihat pada tabel 1.

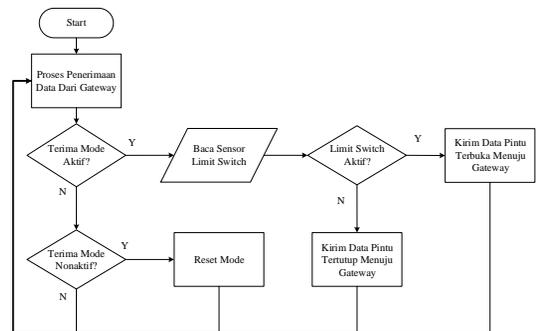
Tabel 1. Susunan data biner

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0	0	0	0	Status Mode	Status Pintu Belakang	Status Pintu Samping	Status Pintu Depan

Penjelasan nilai biner 0 hingga biner 3 yang digunakan dalam algoritma:

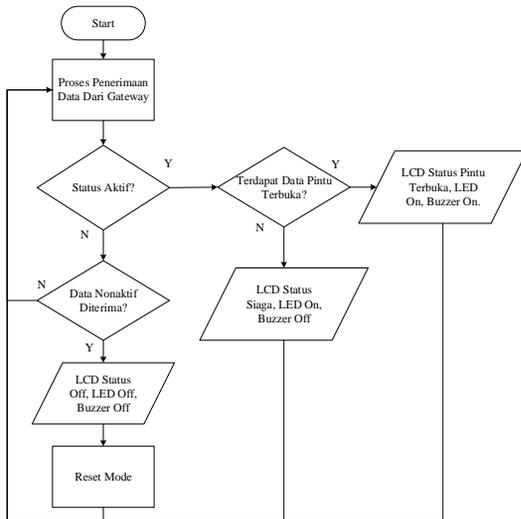
- Status mode: 0 menandakan status nonaktif, 8 menandakan status aktif.
- Status pintu Depan: 0 menandakan pintu depan tertutup, 1 menandakan status pintu depan terbuka.
- Status pintu Samping: 0 menandakan pintu samping tertutup, 2 menandakan status pintu samping terbuka.
- Status pintu Belakang: 0 menandakan pintu belakang tertutup, 4 menandakan status pintu belakang terbuka.

Node sensor menerima data status aktif atau nonaktif dari *gateway*, jika terdapat data status aktif, maka *node* sensor membaca status sensor yang terdapat pada pintu gudang dan mengirimkan data tersebut menuju *gateway* melalui jaringan wifi. Apabila terdapat data status nonaktif, maka *gateway* berhenti mengirimkan data status pintu menuju *gateway*.



Gambar 13. Flowchart Node Sensor

Setelah *gateway* mendapatkan data status pintu dari *node* sensor, maka *gateway* mengirimkan data status pintu tersebut menuju *coordinator* melalui transmisi LoRa yang nantinya data tersebut ditampilkan pada *coordinator* menggunakan LCD, LED, dan buzzer sebagai notifikasi.



Gambar 14. Flowchart Coordinator

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Aplikasi Android

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk memastikan komunikasi antara *gateway* dan aplikasi android menggunakan wifi dapat berjalan dengan baik.



Gambar 15. Tampilan awal aplikasi

Gambar 15 menunjukkan tampilan awal aplikasi android. Terdapat satu tombol yang aktif yaitu tombol cek status sistem untuk mengetahui kondisi sistem saat ini, sehingga tidak terjadi kesalahan dalam mengaktifkan atau menonaktifkan sistem. Gambar 16 menunjukkan tampilan setelah tombol *on* ditekan. Setelah tombol *on* ditekan, maka tombol *off* dan tombol cek status sistem dalam kondisi aktif sedangkan tombol *on* dalam

kondisi nonaktif. Setelah mengirim data tombol menuju *gateway*, maka aplikasi android mendapatkan respon dari *gateway* berupa status sistem saat ini.



Gambar 16. Tampilan saat sistem aktif



Gambar 17. Tampilan saat sistem nonaktif

Gambar 17 menunjukkan tampilan setelah tombol *off* ditekan. Setelah tombol *off* ditekan, maka tombol *on* dan tombol cek status sistem dalam kondisi aktif, sedangkan tombol *off* dalam kondisi nonaktif.

Tabel 2 menunjukkan hasil dari serial monitor pada *gateway*. Serial monitor pada *gateway* menampilkan respon *gateway* terhadap data yang diterima dari aplikasi. Pada saat tombol cek status ditekan, maka *gateway* mengirimkan status sistem saat ini, pada saat tombol *on* ditekan, maka *gateway* mengirimkan status “pemilik pergi” pada aplikasi, dan apabila tombol *off* ditekan, maka

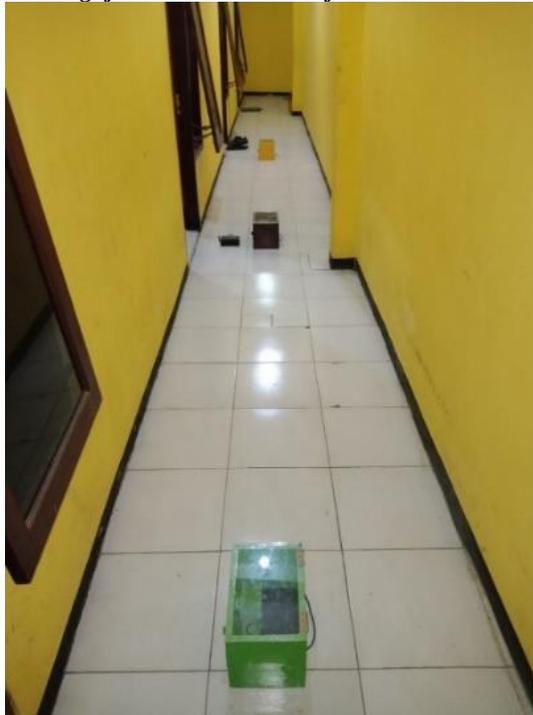
gateway mengirimkan status “pemilik ada” pada aplikasi.

Tabel 2. Hasil serial monitor pengujian aplikasi

Waktu	Penekanan Tombol Aplikasi	Hasil Serial Monitor Pada Gateway
12:43:31	Tombol Cek Status	Pemilik Ada
12:43:38	Tombol <i>On</i>	Pemilik Pergi
12:43:56	Tombol <i>Off</i>	Pemilik Ada

Hasil pada pengujian aplikasi android yang dilakukan menunjukkan aplikasi dapat mengirimkan data tombol menuju gateway menggunakan komunikasi wifi dan gateway dapat mengirimkan respon pada aplikasi android sesuai dengan *flowchart* yang telah dibuat.

2. Pengujian Komunikasi Wifi



Gambar 18. Pengujian komunikasi Wifi

Pengujian pertama dilakukan dengan memberikan jarak 5 meter antara *node* pintu depan, pintu samping, dan pintu belakang seperti pada gambar 18. Prosedur pengujian meliputi pengujian seluruh kemungkinan dari ketiga pintu terbuka seperti yang tertera pada tabel *input* dan *output*.

Tabel 3. Pengujian Wifi status siaga

Waktu	Mode	Data Kirim Node Sensor			Data Terima Gateway	Status Sistem	Hasil
		Belakang	Samping	Depan	Total Nilai		
09:20:15.839	8	0	0	0	8	Siaga	Sesuai
09:20:16.636	8	0	0	0	8	Siaga	Sesuai
09:20:17.480	8	0	0	0	8	Siaga	Sesuai
09:20:18.323	8	0	0	0	8	Siaga	Sesuai
09:20:19.120	8	0	0	0	8	Siaga	Sesuai
09:20:19.917	8	0	0	0	8	Siaga	Sesuai
09:20:20.667	8	0	0	0	8	Siaga	Sesuai
09:20:21.417	8	0	0	0	8	Siaga	Sesuai

Tabel 4. Pengujian Wifi status depan terbuka

Waktu	Mode	Data Kirim Node Sensor			Data Terima Gateway	Status Sistem	Hasil
		Belakang	Samping	Depan	Total Nilai		
09:20:25.167	8	0	0	1	9	Depan Terbuka	Sesuai
09:20:25.917	8	0	0	1	9	Depan Terbuka	Sesuai
09:20:26.714	8	0	0	1	9	Depan Terbuka	Sesuai
09:20:27.511	8	0	0	1	9	Depan Terbuka	Sesuai
09:20:28.355	8	0	0	1	9	Depan Terbuka	Sesuai
09:20:29.198	8	0	0	1	9	Depan Terbuka	Sesuai
09:20:29.995	8	0	0	1	9	Depan Terbuka	Sesuai
09:20:30.839	8	0	0	1	9	Depan Terbuka	Sesuai

Tabel 5. Pengujian Wifi status samping terbuka

Waktu	Mode	Data Kirim Node Sensor			Data Terima Gateway	Status Sistem	Hasil
		Belakang	Samping	Depan	Total Nilai		
09:20:46.964	8	0	2	0	10	Samping Terbuka	Sesuai
09:20:47.808	8	0	2	0	10	Samping Terbuka	Sesuai
09:20:48.605	8	0	2	0	10	Samping Terbuka	Sesuai
09:20:49.448	8	0	2	0	10	Samping Terbuka	Sesuai
09:20:50.292	8	0	2	0	10	Samping Terbuka	Sesuai
09:20:51.042	8	0	2	0	10	Samping Terbuka	Sesuai
09:20:51.792	8	0	2	0	10	Samping Terbuka	Sesuai
09:20:52.542	8	0	2	0	10	Samping Terbuka	Sesuai

Tabel 6. Pengujian Wifi status depan dan samping terbuka

Waktu	Mode	Data Kirim Node Sensor			Data Terima Gateway	Status Sistem	Hasil
		Belakang	Samping	Depan	Total Nilai		
09:21:05.292	8	0	2	1	11	Depan, Samping Terbuka	Sesuai
09:21:06.089	8	0	2	1	11	Depan, Samping Terbuka	Sesuai
09:21:06.886	8	0	2	1	11	Depan, Samping Terbuka	Sesuai
09:21:07.636	8	0	2	1	11	Depan, Samping Terbuka	Sesuai
09:21:08.386	8	0	2	1	11	Depan, Samping Terbuka	Sesuai
09:21:09.136	8	0	2	1	11	Depan, Samping Terbuka	Sesuai
09:21:09.886	8	0	2	1	11	Depan, Samping Terbuka	Sesuai
09:21:10.636	8	0	2	1	11	Depan, Samping Terbuka	Sesuai

Tabel 7. Pengujian Wifi status belakang terbuka

Waktu	Mode	Data Kirim Node Sensor			Data Terima Gateway	Status Sistem	Hasil
		Belakang	Samping	Depan	Total Nilai		
09:21:51.417	8	4	0	0	12	Belakang Terbuka	Sesuai
09:21:52.261	8	4	0	0	12	Belakang Terbuka	Sesuai
09:21:53.058	8	4	0	0	12	Belakang Terbuka	Sesuai
09:21:53.808	8	4	0	0	12	Belakang Terbuka	Sesuai
09:21:54.558	8	4	0	0	12	Belakang Terbuka	Sesuai
09:21:55.308	8	4	0	0	12	Belakang Terbuka	Sesuai
09:21:56.058	8	4	0	0	12	Belakang Terbuka	Sesuai
09:21:56.808	8	4	0	0	12	Belakang Terbuka	Sesuai

Tabel 8. Pengujian Wifi status belakang dan depan terbuka

Waktu	Mode	Data Kirim Node Sensor			Data Terima Gateway	Status Sistem	Hasil
		Belakang	Samping	Depan	Total Nilai		
09:22:15.651	8	4	0	1	13	Belakang, Depan Terbuka	Sesuai
09:22:16.448	8	4	0	1	13	Belakang, Depan Terbuka	Sesuai
09:22:17.292	8	4	0	1	13	Belakang, Depan Terbuka	Sesuai
09:22:18.136	8	4	0	1	13	Belakang, Depan Terbuka	Sesuai
09:22:18.933	8	4	0	1	13	Belakang, Depan Terbuka	Sesuai
09:22:19.776	8	4	0	1	13	Belakang, Depan Terbuka	Sesuai
09:22:20.573	8	4	0	1	13	Belakang, Depan Terbuka	Sesuai
09:22:21.417	8	4	0	1	13	Belakang, Depan Terbuka	Sesuai

Tabel 9. Pengujian Wifi status belakang dan samping terbuka

Waktu	Mode	Data Kirim Node Sensor			Data Terima Gateway	Status Sistem	Hasil
		Belakang	Samping	Depan	Total Nilai		
09:22:48.933	8	4	2	0	14	Belakang, Samping Terbuka	Sesuai
09:22:49.729	8	4	2	0	14	Belakang, Samping Terbuka	Sesuai
09:22:50.573	8	4	2	0	14	Belakang, Samping Terbuka	Sesuai
09:22:51.370	8	4	2	0	14	Belakang, Samping Terbuka	Sesuai
09:22:52.214	8	4	2	0	14	Belakang, Samping Terbuka	Sesuai
09:22:53.058	8	4	2	0	14	Belakang, Samping Terbuka	Sesuai
09:22:53.854	8	4	2	0	14	Belakang, Samping Terbuka	Sesuai
09:22:54.698	8	4	2	0	14	Belakang, Samping Terbuka	Sesuai

Tabel 10. Pengujian Wifi status semua terbuka

Waktu	Mode	Data Kirim Node Sensor			Data Terima Gateway	Status Sistem	Hasil
		Belakang	Samping	Depan	Total Nilai		
09:23:34.073	8	4	2	1	15	Semua Terbuka	Sesuai
09:23:34.870	8	4	2	1	15	Semua Terbuka	Sesuai
09:23:35.714	8	4	2	1	15	Semua Terbuka	Sesuai
09:23:36.558	8	4	2	1	15	Semua Terbuka	Sesuai
09:23:37.354	8	4	2	1	15	Semua Terbuka	Sesuai
09:23:38.198	8	4	2	1	15	Semua Terbuka	Sesuai
09:23:38.995	8	4	2	1	15	Semua Terbuka	Sesuai
09:23:39.839	8	4	2	1	15	Semua Terbuka	Sesuai

Tabel 3 hingga tabel 10 menunjukkan hasil dari pengujian seluruh kemungkinan yang ada. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat seluruh data yang dikirimkan dari seluruh *node* sensor dapat diterima oleh *gateway*. Setelah dinilai berhasil dengan persentase keberhasilan 100% dalam pengujian jarak 5 meter, maka dilakukan pengujian pada jarak yang lebih jauh untuk menentukan jarak maksimal dari komunikasi wifi menggunakan *nodeMCU*. Pengujian selanjutnya dilakukan pada jarak 20 dan 25 meter dengan menggunakan *gateway* sebagai penerima dan *node* depan sebagai pengirim.

Tabel 11 merupakan hasil dari pengujian komunikasi wifi yang dilakukan pada jarak 5, 20, dan 25 meter, sehingga dapat disimpulkan jarak aman untuk penerapan *node* sensor adalah kurang dari atau sama dengan 20 meter.

Tabel 11. Hasil keseluruhan komunikasi Wifi

Jarak	Persentase Keberhasilan	Persentase Error
5 Meter	100%	0%
20 Meter	100%	0%
25 Meter	96,67%	3,33%

3. Pengujian Komunikasi LoRa

Pengujian pertama dalam komunikasi LoRa dilakukan di antara Jembatan Merr dan Jembatan Nginden kota Surabaya yang berjarak 1.40 Km. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data dari gateway menuju coordinator berupa data biner 0-255 sebanyak 5 kali perulangan dengan delay sebesar 500 ms pada setiap data yang dikirim.

Tabel 12 menunjukkan 30 data awal dari total 1280 dari jarak 1.40 Km dengan komunikasi LoRa. Dari hasil pengujian pengiriman data biner terdapat beberapa data yang tidak sesuai dengan data yang dikirimkan.

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \left(\frac{1275}{1280}\right) * 100 = 99.61\%$$

Tabel 12. Pengujian LoRa jarak 1.40 Km

Waktu	Data Kirim Gateway	Data Terima Coordinator	RSSI	Hasil
01:51:41.053	0	0	-120	Sama
01:51:41.568	1	1	-120	Sama
01:51:42.131	2	2	-120	Sama
01:51:42.647	3	3	-120	Sama
01:51:43.162	4	4	-120	Sama
01:51:43.678	5	5	-119	Sama
01:51:44.240	6	6	-119	Sama
01:51:44.756	7	7	-119	Sama
01:51:45.272	8	8	-120	Sama
01:51:45.787	9	9	-120	Sama
01:51:46.303	10	10	-119	Sama
01:51:46.865	11	11	-120	Sama
01:51:47.381	12	12	-115	Sama
01:51:47.897	13	13	-120	Sama
01:51:48.412	14	14	-119	Sama
01:51:48.975	15	15	-120	Sama
01:51:49.490	16	16	-120	Sama
01:51:50.006	17	17	-120	Sama
01:51:50.522	18	18	-121	Sama
01:51:51.037	19	19	-118	Sama
01:51:51.599	20	20	-114	Sama
01:51:52.115	21	21	-120	Sama
01:51:52.631	22	2		Error
01:51:53.146	23	23	-120	Sama
01:51:53.709	24	24	-120	Sama
01:51:54.224	25	25	-120	Sama
01:51:54.740	26	26	-119	Sama
01:51:55.256	27	27	-118	Sama
01:51:55.818	28	28	-118	Sama
01:51:56.334	29	29	-118	Sama
01:51:56.850	30	30	-120	Sama

Pengujian kedua dilakukan di antara Jembatan Merr dan Jembatan Panjang Jiwo kota Surabaya yang berjarak 2.15 Km. Pengujian

dilakukan dengan skema yang sama dengan pengujian sebelumnya hanya berbeda pada jarak antara gateway dan coordinator.

Tabel 13 menunjukkan 30 data awal dari total 1280 dari jarak 2.15 Km dengan komunikasi LoRa. Dari hasil pengujian pengiriman data biner terdapat beberapa data yang tidak sesuai dengan data yang dikirimkan.

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \left(\frac{1268}{1280}\right) * 100 = 99.06\%$$

Tabel 13. Pengujian LoRa jarak 2.15 Km

Waktu	Data Kirim Gateway	Data Terima Coordinator	RSSI	Hasil
02:30:28.146	0	0	-113	Sama
02:30:28.584	1	1	-119	Sama
02:30:29.099	2	2	-120	Sama
02:30:29.615	3	3	-120	Sama
02:30:30.177	4	4	-120	Sama
02:30:30.693	5	5	-119	Sama
02:30:31.209	6	7	-118	Sama
02:30:31.724	7			Error
02:30:32.287	8	8	-119	Sama
02:30:32.802	9	9	-118	Sama
02:30:33.318	10	10	-120	Sama
02:30:33.834	11	11	-121	Sama
02:30:34.350	12	12	-122	Sama
02:30:34.912	13	13	-121	Sama
02:30:35.427	14	14	-119	Sama
02:30:35.943	15	15	-119	Sama
02:30:36.458	16	16	-119	Sama
02:30:37.021	17	17	-112	Sama
02:30:37.537	18	18	-122	Sama
02:30:38.052	19	19	-118	Sama
02:30:38.568	20	20	-119	Sama
02:30:39.131	21	21	-118	Sama
02:30:39.646	22	22	-119	Sama
02:30:40.162	23	23	-119	Sama
02:30:40.678	24	24	-122	Sama
02:30:41.193	25	25	-118	Sama
02:30:41.756	26	26	-118	Sama
02:30:42.272	27	27	-119	Sama
02:30:42.787	28	28	-119	Sama
02:30:43.303	29	29	-119	Sama
02:30:43.865	30	30	-119	Sama

Pengujian ketiga dilakukan di antara Jembatan Merr dan Jembatan Nginden kota Surabaya yang berjarak 1.40 Km. Jika pada pengujian pertama dan kedua dilakukan pada dini hari ketika dini hari saat keadaan tidak ramai dari kendaraan maupun aktifitas sinyal lainnya, pada pengujian ketiga dilakukan pada saat sore hari ketika keadaan ramai dengan skema pengujian yang sama.

Tabel 14 menunjukkan 30 data awal dari total 1280 dari jarak 1.40 Km dengan komunikasi LoRa. Dari hasil pengujian pengiriman data biner terdapat beberapa data yang tidak sesuai dengan data yang dikirimkan.

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \left(\frac{1211}{1280}\right) * 100$$

$$= 94.61\%$$

Meskipun terdapat penurunan persentase keberhasilan pada pengujian sore hari, penurunan kualitas hanya mencapai 5% dan tidak terlalu jauh dari hasil pengujian dini hari.

Tabel 14. Pengujian LoRa sore hari

Waktu	Data Kirim Gateway	Data Terima Coordinator	RSSI	Hasil
17:01:46.774	0			Error
17:01:47.282	1			Error
17:01:48.324	2	2	-122	Sama
17:01:48.865	3	3	-121	Sama
17:01:50.455	4			Error
17:01:50.964	5	5	-123	Sama
17:01:51.472	6	6	-122	Sama
17:01:52.011	7			Error
17:01:52.552	8			Error
17:01:53.057	9	9	-120	Sama
17:01:53.599	10	10	-119	Sama
17:01:54.142	11	11	-121	Sama
17:01:54.647	12	12	-119	Sama
17:01:55.187	13	13	-119	Sama
17:01:55.698	14	14	-118	Sama
17:01:56.242	15	15	-119	Sama
17:01:56.751	16	16	-118	Sama
17:01:57.297	17	17	-119	Sama
17:01:57.804	18	18	-117	Sama
17:01:58.344	19	19	-119	Sama
17:01:58.850	20	20	-120	Sama
17:01:59.392	21	21	-120	Sama
17:01:59.929	22	22	-119	Sama
17:02:00.438	23	23	-118	Sama
17:02:00.981	24	24	-118	Sama
17:02:01.489	25	25	-121	Sama
17:02:02.031	26	26	-121	Sama
17:02:02.539	27	27	-121	Sama
17:02:03.078	28	28	-122	Sama
17:02:03.586	29	29	-121	Sama
17:02:04.638	30	30	-122	Sama

4. Pengujian Seluruh Sistem

Pengujian seluruh sistem dilakukan dengan melihat hasil terbaik dari pengujian sebelumnya yaitu pada pengujian pengiriman data dari Jembatan Merr menuju Jembatan Nginden dengan jarak 1.40 Km dan dilakukan pada waktu dini hari agar mendapatkan hasil yang maksimal.

Tabel 15. Status depan terbuka

Waktu	Data Kirim Gateway	Data Terima Coordinator	Status LED	Status Buzzer	Status LED	RSSI	Hasil
03:23:31.555	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:23:32.358	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:23:33.215	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:23:34.020	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:23:34.771	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:23:35.527	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:23:36.286	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:23:37.015	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:23:37.760	9	9	Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:23:38.519	9	9	Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:23:39.276	9	9	Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:23:40.026	9	9	Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:23:40.783	9	9	Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:23:41.534	9		Depan Terbuka	Aktif	Aktif		Error
03:23:42.339	9		Depan Terbuka	Aktif	Aktif		Error
03:23:43.151	9	9	Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai

Tabel 16. Status samping terbuka

Waktu	Data Kirim Gateway	Data Terima Coordinator	Status LCD	Status Buzzer	Status LED	RSSI	Hasil
03:29:15.455	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:29:16.259	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:29:17.072	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:29:17.923	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-104	Sesuai
03:29:18.728	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:29:19.586	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-112	Sesuai
03:29:20.389	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:29:21.150	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:29:22.688	10	10	Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:29:24.219	10	10	Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:29:24.985	10	10	Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:29:25.742	10	10	Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:29:26.492	10	10	Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:29:27.251	10	10	Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-109	Sesuai
03:29:27.953	10	10	Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-109	Sesuai
03:29:28.713	10	10	Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai

Tabel 17. Status depan, samping terbuka

Waktu	Data Kirim Gateway	Data Terima Coordinator	Status LCD	Status Buzzer	Status LED	RSSI	Hasil
03:33:19.193	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:19.998	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:20.702	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:21.453	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:22.207	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:22.958	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:23.677	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:33:25.324	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:26.139	11	11	Depan, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:33:26.955	11	11	Depan, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:33:27.805	11	11	Depan, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:33:28.620	11	11	Depan, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:33:29.478	11	11	Depan, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:33:30.284	11	11	Depan, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:33:31.089	11		Depan, Samping Terbuka	Aktif	Aktif		Error
03:33:31.893	11	11	Depan, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai

Tabel 18. Status belakang terbuka

Waktu	Data Kirim Gateway	Data Terima Coordinator	Status	Status Buzzer	Status LED	RSSI	Hasil
03:33:19.193	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:19.998	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:20.702	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:21.453	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:22.207	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:22.958	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:23.677	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:33:25.324	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:33:26.139	12	12	Belakang Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:33:26.955	12	12	Belakang Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:33:27.805	12	12	Belakang Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:33:28.620	12	12	Belakang Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:33:29.478	12	12	Belakang Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:33:30.284	12		Belakang Terbuka	Aktif	Aktif		Error
03:33:31.089	12		Belakang Terbuka	Aktif	Aktif		Error
03:33:31.893	12	12	Belakang Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai

Tabel 19. Status belakang, depan terbuka

Waktu	Data Kirim Gateway	Data Terima Coordinator	Status	Status Buzzer	Status LED	RSSI	Hasil
03:37:14.843	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:37:15.602	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:37:16.333	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:37:17.109	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:37:17.861	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:37:18.620	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:37:20.278	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:37:21.082	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:37:21.939	13	13	Belakang, Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:37:23.594	13	13	Belakang, Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-105	Sesuai
03:37:24.397	13	13	Belakang, Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:37:25.203	13	13	Belakang, Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:37:26.006	13	13	Belakang, Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:37:26.810	13	13	Belakang, Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:37:27.568	13	13	Belakang, Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:37:28.272	13	13	Belakang, Depan Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai

Tabel 20. Status belakang, samping terbuka

Waktu	Data Kirim Gateway	Data Terima Coordinator	Status	Status Buzzer	Status LED	RSSI	Hasil
03:42:14.285	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-112	Sesuai
03:42:14.989	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:42:15.847	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-112	Sesuai
03:42:16.652	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:42:17.457	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:42:18.318	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:42:19.124	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:42:19.929	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-109	Sesuai
03:42:20.787	14	14	Belakang, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:42:21.591	14	14	Belakang, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:42:22.396	14		Belakang, Samping Terbuka	Aktif	Aktif		Error
03:42:23.201	14	14	Belakang, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:42:24.004	14	14	Belakang, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-110	Sesuai
03:42:24.754	14	14	Belakang, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:42:26.265	14	14	Belakang, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-104	Sesuai
03:42:27.021	14	14	Belakang, Samping Terbuka	Aktif	Aktif	-109	Sesuai

Tabel 21. Status semua terbuka

Waktu	Data Kirim Gateway	Data Terima Coordinator	Status	Status Buzzer	Status LED	RSSI	Hasil
03:44:47.528	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:44:48.277	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:44:48.990	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-113	Sesuai
03:44:49.747	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-112	Sesuai
03:44:50.498	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:44:51.256	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-111	Sesuai
03:44:52.061	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-105	Sesuai
03:44:53.725	8	8	Sistem Siaga	Mati	Aktif	-110	Sesuai
03:44:54.584	15	15	Semua Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:44:55.385	15	15	Semua Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:44:56.189	15	15	Semua Terbuka	Aktif	Aktif	-112	Sesuai
03:44:56.993	15	15	Semua Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:44:57.844	15	15	Semua Terbuka	Aktif	Aktif	-112	Sesuai
03:44:58.649	15	15	Semua Terbuka	Aktif	Aktif	-112	Sesuai
03:45:00.211	15	15	Semua Terbuka	Aktif	Aktif	-111	Sesuai
03:45:00.961	15	15	Semua Terbuka	Aktif	Aktif	-113	Sesuai

Tabel 15 sampai tabel 21 menunjukkan hasil dari keseluruhan kemungkinan yang ada pada algoritma yang digunakan.

Tabel 22. Hasil keseluruhan sistem

Status	Persentase Keberhasilan	Persentase Error
Depan Terbuka	96,89%	3,11%
Samping Terbuka	96,52%	3,48%
Depan, Samping Terbuka	98,10%	1,90%
Belakang Terbuka	90,48%	9,52%
Belakang, Depan Terbuka	98,98%	2,02%
Belakang, Samping Terbuka	91,84%	8,16%
Semua Terbuka	94,23%	5,77%

Tabel 22 menunjukkan hasil pengujian seluruh sistem. Seluruh sistem dapat bekerja dengan baik walaupun terdapat beberapa data yang hilang atau tidak dapat diterima oleh *coordinator*. Pengujian seluruh sistem pada jarak 1.40 Km dan waktu ini hari menghasilkan total persentase keberhasilan sebesar:

$$\left(\frac{96.89\% + 96.52\% + 98.10\% + 90.48\% + 97.98\% + 91.84\% + 94.23\%}{700\%} \right) * 100 = 666.0349 * 100 = 95.15\%$$

KESIMPULAN

Hasil dari beberapa pengujian sistem keamanan yang telah dilakukan terdapat beberapa kesimpulan, yaitu:

1. *Gateway* dapat berkomunikasi dengan node sensor melalui jaringan wifi dengan mengirimkan data sistem aktif kepada *node* sensor, dan *node* sensor mengirimkan balasan berupa data status pintu menuju *gateway*. *Node* sensor terus mengirimkan data status pintu selama tidak ada data sistem nonaktif yang dikirimkan oleh *gateway*. Hasil dari pengujian komunikasi *gateway* dan *node* sensor melalui jaringan wifi dapat berjalan dengan baik pada jarak 5-20 Meter dan menghasilkan persentase keberhasilan mencapai 100%.
2. *Gateway* dapat menerima seluruh data yang dikirimkan oleh *node* sensor melalui jaringan wifi dengan berkomunikasi secara bergantian dengan seluruh *node* sensor untuk mendapatkan status dari setiap pintu yang ada di gudang, dan setelah semua data status pintu telah terkumpul, maka *gateway* mengirimkannya menuju *coordinator* melalui transmisi LoRa.
3. *Coordinator* dapat menerima data yang dikirimkan oleh *Gateway* melalui transmisi

LoRa dengan baik pada waktu ini hari dan menghasilkan persentase keberhasilan sebesar 99.61% pada jarak 1.40 Km dan persentase keberhasilan sebesar 99.06% pada jarak 2.15 Km.

4. *Coordinator* dapat menampilkan data yang diterima dari *gateway* dengan baik sesuai pada tabel output yang telah dibuat.
5. *Error* yang terjadi dikarenakan adanya paket data yang hilang (*packet loss*). Hal ini dipengaruhi oleh jarak dari pengiriman, yang dibuktikan dengan semakin jauh jarak pengujiannya, maka persentase keberhasilan berkurang. Selain itu koneksi seluler di sekitar area pengujian juga berpengaruh. Dimana pada waktu sore hari *traffic* jaringan seluler lebih padat dibandingkan dengan waktu ini hari, yang dibuktikan dengan hasil pengujian pada waktu sore hari yaitu terjadi penurunan persentase keberhasilan sebesar 5%.
6. Secara keseluruhan sistem keamanan yang telah diuji coba pada jarak 1.4 Km dan waktu ini hari menghasilkan persentase keberhasilan sebesar 95.15%.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya saran yang dapat digunakan untuk mengembangkan pengimplementasian LoRa agar menjadi lebih baik lagi, diantaranya sebagai berikut:

1. Menggunakan spesifikasi antena yang bisa menjangkau jarak lebih jauh, sehingga dapat menjangkau jarak paling maksimal dari komunikasi LoRa.
2. Menguji kinerja komunikasi LoRa pada beberapa kemungkinan interferensi seperti bangunan atau pepohonan untuk menguji ketahanan sinyal.
3. Menganalisis parameter pendukung kinerja LoRa seperti *spreading factor*, *bandwith*, dan lain-lain untuk mengetahui performa LoRa pada lingkungan tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Kominfo. (2019). *PERDIRJEN SDPPI No. 3 Tahun 2019 Tentang LPWA*.
- Polda Metro Jaya. (2018). *Data Jumlah Kasus Pencurian*.
- Radar Solo. (2019). *Mantan Karyawan Bobol Gudang Penyimpanan, Sikat Rp.300 Juta*. Retrieved from Mantan Karyawan Bobol Gudang Penyimpanan, Sikat Rp.300 Juta:

<https://radarsolo.jawapos.com/read/2019/03/28/128167/mantan-karyawan-bobol-gudang-sikat-rp-300-juta>

- Yunus, M. (2018, Juni 12). *Sistem Komunikasi Wireless Jarak Jauh dan Berdaya Rendah*. Retrieved from <https://medium.com/@yunusmuhammad007/1-lora-sistem-komunikasi-wireless-jarak-jauh-dan-berdaya-rendah-70dfc4d3c97d>
- Zahra, U. (2019, Maret 28). *Jakarta, Kota dengan 9 Kasus Pencurian Setiap Hari*. Retrieved from Jakarta, Kota dengan 9 Kasus Pencurian Setiap Hari - Tirto.ID: <https://tirto.id/jakarta-kota-dengan-9-kasus-pencurian-setiap-hari-dko5>