



Manajemen Pertukaran Data Antar Kendaraan Menerapkan Protokol CoAP *Inter-Vehicle Data Exchange Management Implementing CoAP Protocol*

Kadek Suar Wibawa¹, A.A. Kt. Agung Cahyawan Wiranatha², I Made Agus Guna Saputra³

^{1,2,3} Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

¹suar_wibawa@unud.ac.id, ²agung.cahyawan@unud.ac.id, ³gunasaputra@student.unud.ac.id

Abstract

This study aims to design and develop a prototype model for inter-vehicle data exchange services using the LoRa Ra-02 Sx1278 radio module, ESP8266 microcontroller, and WiFi for internet connectivity. This system enables effective, inexpensive, and instant communication. In its implementation, we optimized simple data management to store the results of data exchanges on a database server connected to the internet using the Constraint Application Protocol (CoAP) communication protocol. The system is also capable of vehicle monitoring through a web-based application by integrating a GPS receiver. The application services and prototypes are designed to minimize costs and ease of implementation. Research and Development with a limited sample is the method applied in the development of this prototype. Testing results show that the prototype can exchange data at distances up to 500m with a success rate of 86%. The visualization of the stored vehicle location data can be monitored through the website application.

Keywords: data change management, Protocol CoAP, radio LoRa

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan purwarupa model layanan pertukaran data antar kendaraan menggunakan modul radio LoRa Ra-02 Sx1278, Mikrokontroler ESP8266 dan wifi untuk koneksi internet. Sistem ini memungkinkan komunikasi yang efektif, murah dan instant. Dalam implementasinya kami mengoptimalkan manajemen data yang sederhana untuk menyimpan hasil pertukaran data pada database server yang terkoneksi dengan jaringan internet menggunakan protokol komunikasi *Constraint Application Protocol (CoAP)*. Sistem ini juga mampu melakukan monitoring kendaraan dengan menggunakan aplikasi berbasis web dengan mengintegrasikan penerima GPS. Layanan aplikasi dan prototipe dirancang guna meminimalkan biaya dan kemudahan didalam implementasi. *Research and Development* dengan sampel terbatas merupakan metode yang diterapkan dalam pengemangan purwarupa ini. Hasil pengujian menunjukkan purwarupa mampu melakukan pertukaran data pada jarak hingga 500m dengan tingkat keberhasilan hingga 86%. visualisasi lokasi kendaraan data yang tersimpan dapat dipantau melalui aplikasi website.

Kata kunci: layanan pertukaran data, protokol CoAP, radio LoRa

1. Pendahuluan

Transportasi umum merupakan sarana yang diminati masyarakat karena efisiensi biaya dan kemudahan aksesibilitasnya. Beberapa faktor seperti waktu tunggu dan frekuensi kedatangan dapat mempengaruhi tingkat kepuasan dan minat masyarakat dalam menggunakan transportasi umum [1], [2], [3]. Ketidaktepatan jadwal kedatangan di halte akibat kepadatan lalu-lintas di jalan raya masih menjadi kendala [4].

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut, seperti penerapan teknologi *tracking* dan aplikasi manajemen transportasi, namun

kurangnya informasi yang memadai menjadikan masalah ini masih tetap terjadi [5]. Keterbatasan informasi kepada pengguna merupakan salah satu faktor yang menyebabkan ketidakpuasan penumpang dan menurunkan minat masyarakat dalam menggunakan transportasi umum[6].

Kebutuhan akan sistem informasi yang terintegrasi dengan perangkat monitoring untuk layanan transportasi umum tentu akan memberikan manfaat nyata untuk layanan transportasi. Hal ini perlu diwujudkan dengan mengembangkan layanan Sistem Transportasi Cerdas untuk dapat menunjang sistem informasi kendaraan [7]. Penelitian sejenis telah

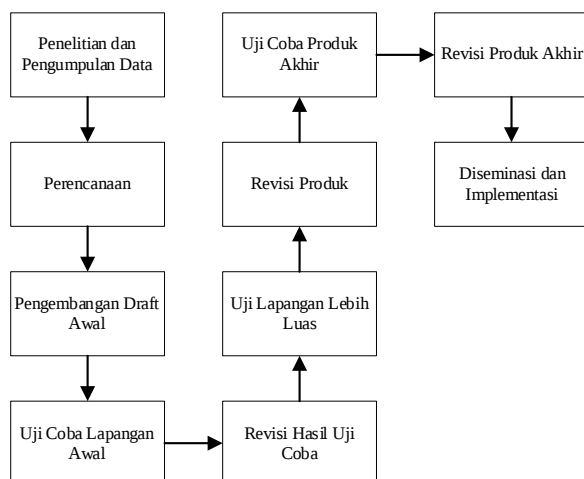
dilakukan oleh K.N. Adi Wiranata dkk. Tentang Rancang Bangun Purwarupa Sistem Komunikasi Antar Kendaraan Menggunakan Nrf24l01 Mode Simplex. Penelitian ini hanya terbatas pada efektifitas model komunikasi, sehingga perlu dikembangkan lebih jauh lagi untuk memvisualisasikan hasil pengolahan data dengan menerapkan standar protokol komunikasi CoAP [8]. Sehingga Tujuan utama untuk memberikan layanan informasi kepada pengguna terkait dengan keberadaan kendaraan angkutan umum dapat dilakukan[9].

Teknologi LoRa telah banyak diterapkan untuk layanan pertukaran data [10][11][12]. Sehingga teknologi pertukaran data antar kendaraan dengan menggunakan radio komunikasi LoRa perlu dikembangkan untuk memberikan informasi terbaru disertai dengan informasi lingkungan lainnya. Dengan menyertakan perangkat penerima GPS tentunya dapat mempermudah pengguna dalam melakukan pemantauan kendaraan dengan biaya murah [13], [14], [15].

Penerapan *Constraint Application Protocol (CoAP)* pada teknologi *internet of things* merupakan pemilihan protokol yang tepat pada layanan komunikasi dengan sumber daya terbatas [16], [17], [18] Manajemen data dan informasi lingkungan yang disertakan dalam komunikasi data dapat disimpan pada layanan basis data online melalui jaringan internet dan diolah untuk divisualisasikan kepada pengguna.

2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan adalah metode Penelitian dan Pengembangan [19], [20]. Penelitian ini menggunakan sampel terbatas, dimana penelitian sampel terbatas dengan jenis penelitian di mana sampel yang diambil untuk studi atau analisis memiliki jumlah terbatas dalam cakupannya.



Gambar 1. Metode Penelitian dan Pengembangan

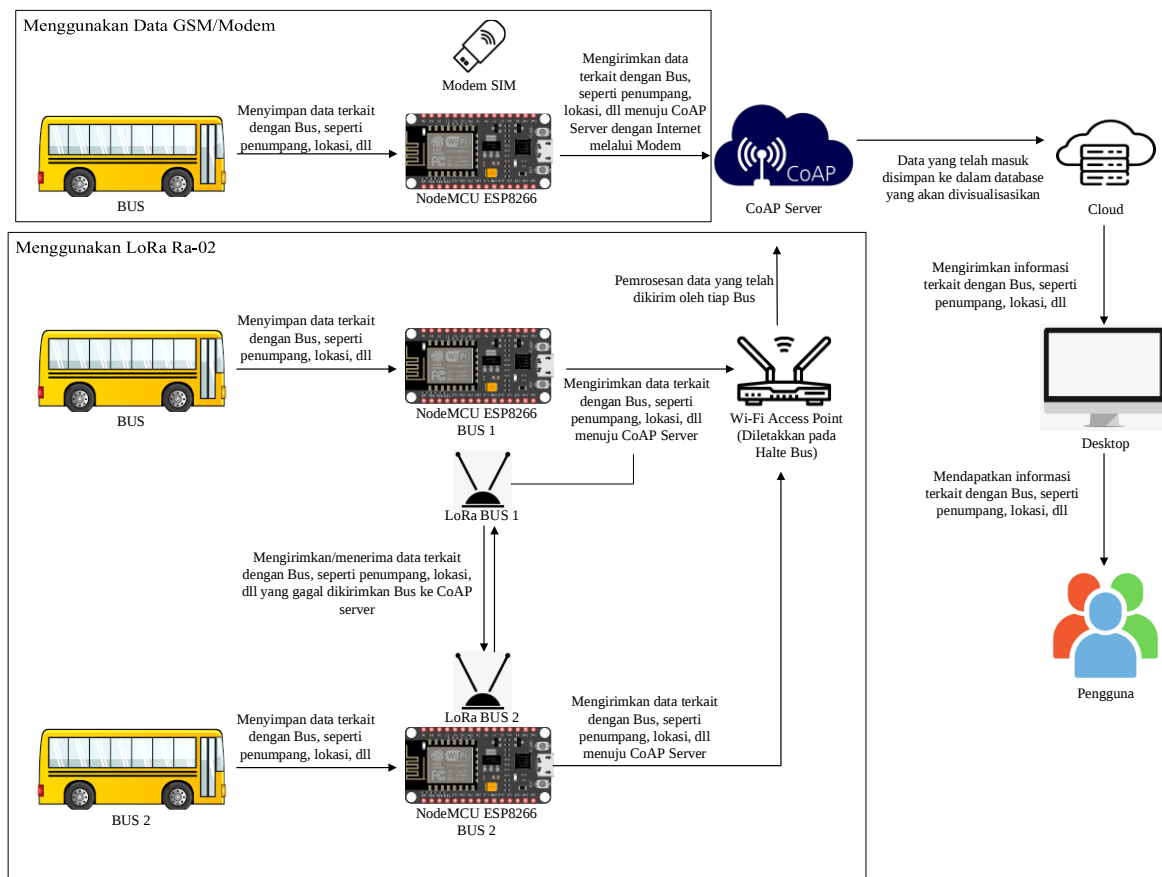
Metode penelitian dan pengembangan seperti pada Gambar 1. melalui 10 tahapan yang menjadi acuan dalam pengembangan purwarupa, yaitu:

Penelitian dan pengumpulan data, pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi dan kajian terkait permasalahan yang terjadi (manajemen pertukaran data antar kendaraan); Perencanaan pada tahap ini dilakukan perumusan masalah dan pemilihan komponen perangkat keras dan perangkat lunak; Pengembangan draft awal bentuk purwarupa yang disusun dalam *breadboard*; uji coba lapangan awal dilakukan dengan sampel terbatas untuk tiap komponen perangkat keras dan perangkat lunak; revisi hasil uji coba, data hasil pengujian digunakan sebagai acuan untuk merevisi perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dibangun; uji lapangan lebih luas, tahap ini merupakan ujicoba utama setelah dilakukan perbaikan pada ujicoba sebelumnya; revisi operasional produk, pada tahap ini produk sudah dikemas kedalam casing; uji coba lapangan operasional, pada tahap ini dilakukan pengujian lapangan secara langsung; revisi produk purwarupa akhir, hasil dari ujicoba lapangan digunakan untuk merevisi produk purwarupa akhir; disemenasi dan implementasi.

2.1. Gambaran Umum Sistem

Layanan Pertukaran Data *LoRa* dan *Wi-Fi Access Point* menggunakan Protokol *CoAP* merupakan solusi inovatif yang memfasilitasi pertukaran data antar kendaraan. Dalam konteks ini, layanan tersebut memungkinkan kendaraan untuk mengirimkan informasi secara efisien ke server yang kemudian menyimpannya dalam basis data Seperti yang terlihat pada Gambar 2. Protokol *CoAP (Constrained Application Protocol)* digunakan untuk mengatur komunikasi ini melalui jaringan internet, memastikan bahwa data yang dikirimkan tetap terintegrasi dan dapat diakses dengan cepat dan ringan.

Data lingkungan yang dikoleksi pada kendaraan meliputi identifikasi (ID), jumlah penumpang, dan lokasi. Data tersebut sementara disimpan pada memori internal *NodeMCU ESP8266*. Ketika dua kendaraan berdekatan, terjadi proses pertukaran data. Jika salah satu kendaraan terhubung dengan akses poin yang ada di lokasi statis, informasi tersebut dikirimkan ke server *CoAP* dan disimpan dalam basis data. Ketika terdapat kendaraan yang mengalami kendala dalam mengirimkan data (misalnya, kegagalan *NodeMCU ESP8266* dalam menghubungkan ke akses poin atau server), data dikirimkan ke kendaraan lain melalui *LoRa Ra-02 Sx127*. Kendaraan penerima kemudian mengirim data ke server *CoAP*, yang selanjutnya disimpan dalam basis data dan diolah menjadi informasi bagi pengguna akhir. Mekanisme ini memastikan keberlanjutan dalam pengumpulan dan penyimpanan data, meskipun ada gangguan konektivitas.



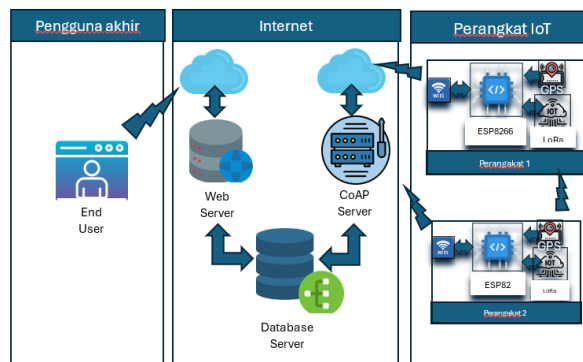
Gambar 2. Gambaran umum sistem

2.2. Blok Diagram Sistem

Dalam desain sistem, terdapat tiga blok utama yang saling berintegrasi, yaitu blok perangkat IoT, blok internet, dan blok pengguna akhir seperti yang terlihat pada Gambar 3. Blok perangkat IoT terdiri dari mikrokontroler sebagai pusat prosesor data yang berkomunikasi dengan penerima GPS menggunakan protokol komunikasi UART. Blok ini bertanggung jawab untuk mengumpulkan dan mengirimkan data lingkungan yang relevan ke blok internet. Setiap perangkat IoT dilengkapi dengan modul radio LoRa, yang memungkinkan pertukaran data secara efisien dan ringan antar perangkat. Blok internet berfungsi sebagai perantara, menghubungkan perangkat IoT dengan server pusat melalui jaringan internet. Data yang diterima oleh server diproses dan disimpan dalam basis data terpusat, yang kemudian dapat diakses oleh pengguna akhir. Blok pengguna akhir terdiri dari berbagai antarmuka pengguna, seperti aplikasi web yang dapat diakses melalui perangkat komputer atau telepon pintar, yang memungkinkan pengguna untuk memantau posisi kendaraan.

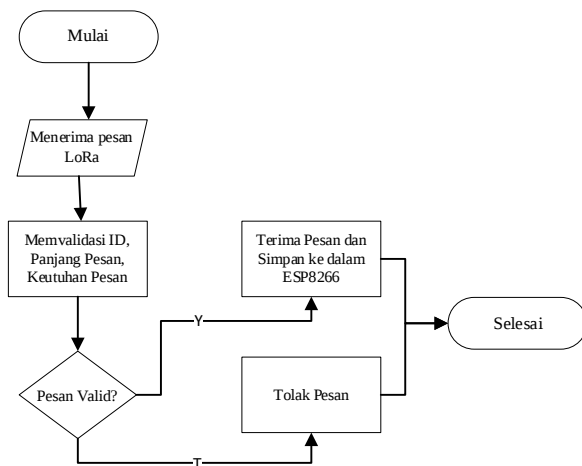
Blok internet dalam sistem ini mencakup Web Server, CoAP Server, dan Database Server, yang masing-masing memiliki fungsi penting dalam pengolahan dan penyajian data. Perangkat IoT mengumpulkan data dari

lingkungan sekitar dan mengirimkannya ke Server CoAP menggunakan protokol CoAP. Server CoAP selanjutnya menyimpan data tersebut ke dalam Server Basisdata. Web Service yang berjalan pada Web Server mengakses data yang tersimpan dalam Server basisdata untuk ditampilkan secara visual. Informasi ini meliputi berbagai parameter penting yang dihasilkan oleh perangkat IoT, seperti posisi kendaraan, jumlah penumpang, dan Waktu pengambilan data. Pengguna akhir dapat memantau posisi dan pergerakan kendaraan melalui antarmuka aplikasi web. 2.3. Konfigurasi dan Diagram Alir Perangkat IoT



Gambar 3. Blok Diagram Sistem

Tahap konfigurasi perangkat IoT dalam hal ini ESP8266, LoRa Ra-02 dan GPS U-Blox Neo 6M dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan sistem, pemilihan library yang tepat, mengkonfigurasi PIN dan PORT serta ketersediaan fitur pada perangkat. Tahap berikutnya melakukan inisialisasi dengan parameter yang sesuai termasuk didalamnya penerapan frame data pada lapisan data link. Pada tahap ini dilakukan pengalamatan tiap perangkat, menentukan panjang data dan mekanisme deteksi error pada link kontrol. Selanjutnya setup dilakukan untuk menginisialisasi dan mengaktifkan layanan komunikasi data, menentukan peran perangkat yang diintegrasikan dengan algoritma logic yang telah ditentukan



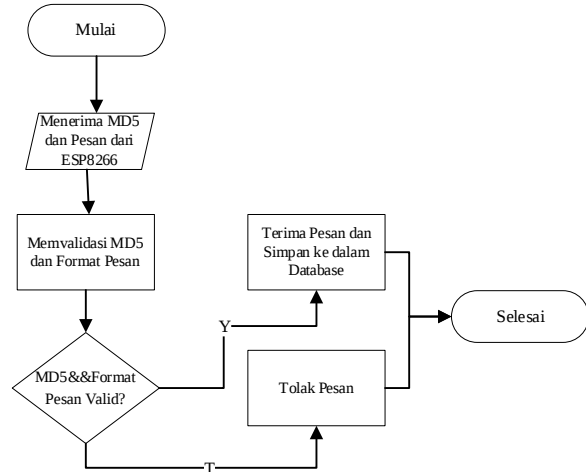
Gambar 4. Diagram Alir Validasi Pertukaran Data

Gambar 4 memperlihatkan proses pengolahan data yang diterima melalui layanan interrupt routine saat mikrokontroler menerima data dari radio LoRa. Untuk menjamin validasi data, penerima melakukan cek error data sebelum data tersebut disimpan pada program memory dan di transmisikan ke layanan *cloud server*.

2.4. Diagram Alir Layanan Protokol CoAP

Pada Server *CoAP*, terdapat alur proses validasi pesan yang dikirimkan oleh perangkat IoT untuk memastikan keamanan dan integritas data. Metode Hash MD5 diterapkan untuk menghasilkan nilai hash unik dari setiap pesan yang diterima. Nilai hash ini kemudian dibandingkan dengan hash pesan yang dikirimkan oleh perangkat IoT untuk memastikan tidak ada perubahan data selama transmisi. Jika hash cocok, pesan dianggap valid dan data tersebut kemudian disimpan dalam layanan basis data seperti yang terlihat pada Gambar 5.

Proses ini tidak hanya menjamin bahwa data yang diterima oleh server bebas dari manipulasi, tetapi juga memberikan tingkat keamanan tambahan terhadap gangguan pada jaringan. Dengan implementasi metode Hash MD5 data yang diterima dan disimpan adalah asli dan tidak rusak selama proses pengiriman.



Gambar 5. Diagram Alur Validasi Data pada Sever CoAP

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Purwa Rupa

Gambar 6 memperlihatkan purwarupa yang dibuat dengan menggunakan kotak plastik dengan ukuran 12cm x 8,5cm x 5,5cm. Di dalam kotak ini, mikrokontroler ESP8266, penerima GPS U-Blox Neo 6M, dan modul LoRa-Ra02 dikonfigurasi dan dipasang dengan baik. Untuk memastikan penerimaan dan transmisi sinyal yang optimal, antenna GPS dan antenna radio komunikasi LoRa dipasang di luar kotak. data.



Gambar 6. Hasil Purwarupa

Pilihan desain ini dibuat untuk meminimalkan redaman sinyal yang terjadi yang dapat mengurangi unjuk kinerja sistem. Dengan mempertimbangkan kepraktisan dan efisiensi serta biaya yang murah.

3.2. Pertukaran data menggunakan LoRa

Penerapan perangkat lunak pertukaran data antar perangkat menggunakan radio komunikasi data LoRa telah berhasil dilakukan dengan baik. Pada Gambar 7, terlihat hasil *dump* komunikasi serial yang menunjukkan proses pengiriman dan penerimaan pesan.

Setiap pengiriman pesan dilakukan dalam interval waktu dua detik antar perangkat, memastikan bahwa data dapat dikirim dan diterima dengan benar tanpa ada kesalahan. Hasil uji coba ini menunjukkan bahwa perangkat lunak ini dapat diandalkan untuk komunikasi data antar perangkat menggunakan teknologi LoRa.

```
19:14:46.531 -> Message Received: C8:C9:A3:5B:9C:62:0;-8.795951, 115.175678:1970-01-01 00:00:00
19:14:50.812 -> Sending Message: C8:C9:A3:5B:9C:62:0;-8.795951, 115.175678:1970-01-01 00:00:00
19:14:52.685 -> Sending Message: C8:C9:A3:5B:9C:62:0;-8.795951, 115.175678:1970-01-01 00:00:00
19:14:55.475 -> Sending Message: C8:C9:A3:5B:9C:62:0;-8.795951, 115.175678:1970-01-01 00:00:00
```

Gambar 7. Dump data serial proses pertukaran data

3.3. Penerapan Client-Server CoAP

Server CoAP (*Constrained Application Protocol*) memungkinkan komunikasi efisien dan ringan antara perangkat IoT dengan sumber daya terbatas. Server CoAP menangani permintaan dan respons perangkat IoT yang terpasang pada kendaraan untuk menyimpan pesan tersebut pada server basis data.

```
D:\Universitas Udayana\TUGAS\TUGAS AHMIR\BUS\Coap Py\AioCoAP>py server.py
DEBUG:coap-server:Server ready to receive requests
DEBUG:coap-server:Incoming message <aiocoap.Message at 0x16efb895430: Type.NON PUT (1
ransports.simplesocketserver._Address via <aiocoap.transports.simplesocketserver._Da
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx> to ('192.168.1.101', 56818)> 1 option(s), 58 byte(s) payload>
DEBUG:coap-server:New unique message received
C8:C9:A3:5B:9C:62:0;-8.795951, 115.175678:1970-01-01 00:00:00
New Incoming Message: ['C8:C9:A3:5B:9C:62', '0', '-8.795951, 115.175678', '1970-01-01
DEBUG:coap-server:Sending message <aiocoap.Message at 0x16ef8d71af0: Type.NON 2.04 C
```

Gambar 8. Dump data pada log server CoAP

Gambar 8. menunjukkan hasil debugging dari server yang sedang berjalan. “*New unique message received*” yang ditampilkan pada terminal merupakan pesan yang dikirimkan oleh alat IoT ke server. Pesan yang diterima selanjutnya diolah sesuai dengan format yang sesuai dan disimpan ke dalam database jika data dinyatakan valid.

Server CoAP (*Constrained Application Protocol*) bertugas memberikan layanan yang efisien dan responsif terhadap permintaan yang diterima dari Client CoAP. Client CoAP, dalam konteks ini, merujuk pada perangkat IoT (*Internet of Things*) yang terpasang pada kendaraan. Ketika Client CoAP telah berhasil terhubung ke jaringan internet melalui akses point, langkah selanjutnya adalah melakukan proses koneksi dengan server CoAP.

Proses koneksi ini memungkinkan Client CoAP untuk mengirimkan format pesan yang sesuai kepada server. Setelah server menerima pesan tersebut, server akan memberikan kode respon “**200 OK**,” yang menunjukkan bahwa pesan dari Client CoAP telah diterima dengan sukses oleh server. Sistem ini dikembangkan dengan menggunakan bahasa pemrograman C# pada platform Arduino IDE, yang memudahkan integrasi dan implementasi pada perangkat IoT

3.4. Penerapan database untuk koleksi data.

Data yang disimpan ke dalam basis data merupakan data valid yang telah melalui serangkaian proses verifikasi dengan metode hashing. Penyimpanan data ini dilakukan oleh server pada bagian “*New unique message received*” sesuai dengan urutan larik yang telah dideklarasikan sebelumnya seperti yang terlihat pada Gambar 9. Larik pertama berisi alamat MAC (MAC address) dari kendaraan, yang kemudian disimpan dalam kolom “*bus_mac*” di database. Larik kedua mencantumkan jumlah penumpang yang ada di dalam

kendaraan, dan data ini disimpan dalam kolom “*jml_penumpang*”.

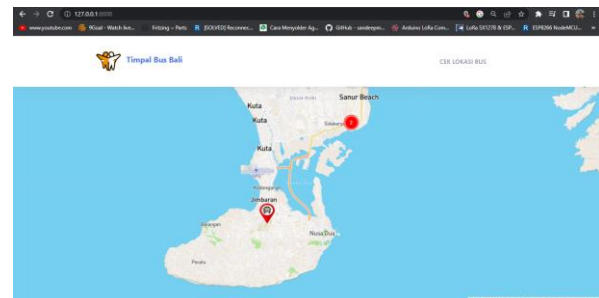
id	bus_mac	jml_penumpang	lokasi	latest_update
3418	C8:C9:A3:5B:9C:62	0	-8.795951, 115.175678	1970-01-01 00:00:00
3417	C8:C9:A3:5B:9C:62	0	-8.795951, 115.175678	1970-01-01 00:00:00
3416	C8:C9:A3:5B:9C:62	0	-8.795951, 115.175678	1970-01-01 00:00:00
3415	C8:C9:A3:5B:9C:62	0	-8.795951, 115.175678	1970-01-01 00:00:00

Gambar 9. Penyimpanan data pada basis data.

Larik ketiga merupakan lokasi kendaraan, yang terdiri dari data latitude dan longitude, dan informasi ini disimpan dalam kolom “*lokasi*” di database. Larik keempat mencatat waktu pembaruan terakhir dari kendaraan, yang diambil dari modul GPS Neo 6M, dan informasi ini disimpan dalam kolom “*latest_update*”. Dengan demikian, setiap data yang tersimpan di database telah melalui proses verifikasi dan disusun berdasarkan urutan yang telah ditetapkan, memastikan integritas dan akurasi data yang diterima.

3.5. Implementasi monitoring lokasi kendaraan.

Antarmuka pengguna akhir untuk monitoring kendaraan dirancang dan dibangun berbasis aplikasi website, yang dikembangkan menggunakan *Framework Laravel* versi 7. Informasi yang ditampilkan pada website ini mencakup data mengenai kendaraan yang telah tersimpan dalam basis data. Antarmuka ini menggunakan map API dengan legenda yang menunjukkan lokasi terakhir kendaraan yang telah tersimpan dalam basis data.

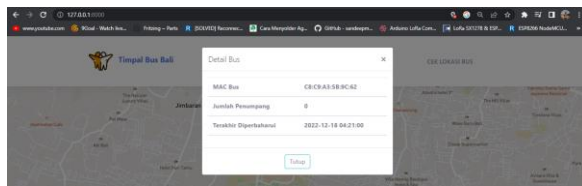


Gambar 10. Antar muka pengguna monitoring lokasi kendaraan.

Implementasi *Framework Laravel* versi 7 memberikan stabilitas dan keandalan yang baik dalam pengembangan aplikasi, selain itu juga mendukung pengelolaan data yang efisien dan aman. Penggunaan map API pada aplikasi memungkinkan pengguna untuk memantau posisi kendaraan secara visual sesuai dengan data terbaru kendaraan, serta menampilkan pergerakan kendaraan saat terdapat pembaruan data seperti pada Gambar 10.

Antarmuka aplikasi dirancang untuk dapat diakses melalui berbagai browser yang tersedia, baik pada perangkat *desktop* maupun *mobile*, sehingga pengguna dapat dengan mudah memantau kendaraan dari mana saja dan kapan saja. Detail informasi mengenai kendaraan dapat diakses dengan mengklik legend pada ikon kendaraan di peta. Informasi yang ditampilkan meliputi jumlah penumpang saat ini dan waktu

pembaruan terakhir data tersebut seperti pada Gambar 11. Desain yang responsif dan integrasi map API tidak hanya meningkatkan pengalaman pengguna, tetapi juga memastikan bahwa informasi yang disajikan merupakan data terkini.



Gambar 11. Tampilan detail informasi kendaraan

3.6. Pengujian pertukaran data pada radio LoRa

Pengujian jarak dua buah radio lora secara statis: Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan komunikasi data antara dua perangkat radio LoRa di ruang terbuka dalam kondisi statis. Pengujian menggunakan 5 sampel jarak yang bervariasi, mulai dari 100 hingga 800 meter. Pada setiap titik lokasi pengujian, dilakukan pengambilan 100 sampel data untuk memastikan akurasi dan reliabilitas hasil. Data hasil pengujian ditampilkan seperti pada Tabel 1.

Table 1. Data hasil pengujian perangkat LoRa secara statis

Jarak (meter)	Delay Rata-Rata (mS)	Tingkat Keberhasilan (%)
100	204,31	88
200	350,78	88
500	597,14	86
700	1160,97	40
800	0	0

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan komunikasi data antara dua perangkat radio LoRa di ruang terbuka dalam kondisi statis bervariasi sesuai dengan jarak yang diuji. Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa pada jarak 100 meter, tingkat keberhasilan komunikasi mencapai 88% dengan delay rata-rata 204,3188 ms. Ketika jarak meningkat menjadi 200 meter, tingkat keberhasilan tetap pada nilai 88%, meskipun delay rata-rata meningkat menjadi 350,7888 ms. Pada jarak 500 meter, tingkat keberhasilan komunikasi menurun lebih signifikan menjadi 86%, dengan delay rata-rata yang meningkat tajam menjadi 597,1486 ms. Ketika jarak mencapai 700 meter, tingkat keberhasilan semakin menurun menjadi 40%, dengan delay rata-rata 1160,9740 ms. Pada jarak 800 meter, komunikasi data tidak berhasil sama sekali, dengan tingkat keberhasilan 0%.

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa performa komunikasi data perangkat radio LoRa sangat dipengaruhi oleh jarak. Semakin jauh jarak antara perangkat, semakin tinggi delay rata-rata dan semakin rendah tingkat keberhasilan komunikasinya. Oleh karena itu, untuk memastikan komunikasi yang andal dan efisien, penggunaan perangkat radio LoRa

sebaiknya dilakukan pada jarak yang lebih pendek, di bawah 500 meter.

Pengujian jarak lora secara dinamis: Pengujian jarak LoRa secara dinamis bertujuan untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan komunikasi perangkat saat bergerak menjauh dari titik awal sampai tidak mampu lagi berkomunikasi. Hasil pengujian ini menunjukkan tingkat performa perangkat komunikasi dalam kondisi nyata, di mana perangkat bergerak dari satu titik ke titik lain.. Tabel 2 menunjukkan hasil unjuk kerja sistem.

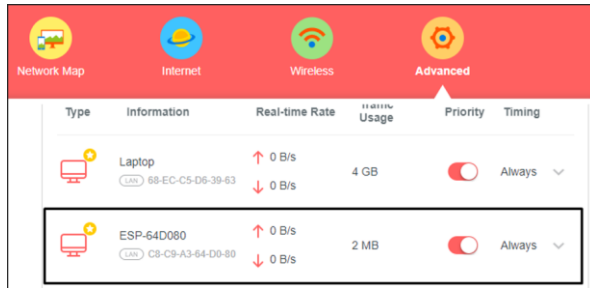
Table 2. Pengujian jarak lora secara dinamis

No	Delay (ms)	RSSI	SNR	Jarak	Keterangan
1	107	-95	10.25	0m - 99m	Berhasil
2	141	-91	10.25	0m - 99m	Berhasil
3	215	-97	9.25	100m - 199m	Berhasil
4	234	-101	9.75	100m - 199m	Berhasil
5	251	-105	8.25	200m - 299m	Berhasil
6	391	-108	7.75	200m - 299m	Berhasil
7	345	-109	5.75	300m - 399m	Berhasil
8	549	-111	4.00	300m - 399m	Berhasil
9	457	-112	4.75	400m - 499m	Berhasil
10	604	-115	1.00	500m - 600m	Berhasil
11	748	-115	0.75	500m - 600m	Berhasil
12	760	-116	-0.25	500m - 600m	Berhasil
13	-	-	-	600m ++	Gagal
14	-	-	-	600m ++	Gagal
15	-	-	-	600m ++	Gagal

Hasil pengujian menunjukkan variasi performa komunikasi data perangkat LoRa pada jarak yang berbeda. Pada jarak 0-99 meter, komunikasi berhasil dengan tingkat keberhasilan yang baik dengan delay maksimum hingga 141 ms. Pada jarak 100-199 meter, tingkat keberhasilan masih stabil, meskipun delay meningkat menjadi 234 ms. Pada jarak 200-299 meter, komunikasi tetap stabil, namun delay meningkat hingga 391 ms. Pada jarak 300-399 meter, komunikasi tetap berhasil dengan delay yang lebih tinggi hingga 549 ms. Pada jarak 400-499 meter, tingkat keberhasilan masih stabil, namun delay mencapai 604 ms. Pada jarak 500-600 meter, komunikasi masih berhasil dengan delay hingga 760 ms dan SNR menunjukkan nilai negatif. Namun, pada jarak lebih dari 600 meter, komunikasi gagal dilakukan. Dengan demikian, perangkat LoRa menunjukkan performa yang baik hingga 600 meter, meskipun ada peningkatan delay dan penurunan kualitas sinyal pada jarak yang lebih jauh.

3.7 Hasil Monitoring Penggunaan Data

Gambar 12 menunjukkan traffic monitoring penggunaan data. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan data ketika perangkat IoT yang terpasang pada kendaraan melakukan pengiriman data ke server CoAP selama satu hari penuh. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan alat manajemen dari router "MERCUSYS MW206R" untuk memonitor traffic penggunaan data oleh perangkat IoT. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa traffic penggunaan data rata-rata adalah sekitar 2 MB per hari.



Gambar 12. Traffic Monitoring Penggunaan Data

Pengujian ini juga menunjukkan bahwa penggunaan data oleh perangkat IoT relatif rendah. Efisiensi ini memungkinkan purwarupa untuk mengirimkan data secara efektif tanpa mengganggu kapasitas jaringan yang ada. Dengan konsumsi data rata-rata yang rendah, sistem ini mampu menyediakan informasi yang dibutuhkan secara tanpa membebani infrastruktur jaringan.

4. Kesimpulan

Hasil rancangan, penerapan dan pengujian sistem menunjukkan perangkat pertukaran data antar kendaraan menggunakan radio komunikasi LoRa dengan menerapkan protokol CoAP menunjukan kinerja yang baik. Pengujian komunikasi menunjukan performa komunikasi data perangkat radio LoRa sangat dipengaruhi oleh jarak. Pada pengujian statis jarak maksimum 500 meter dengan delay rata-rata 597,14 mS. Tingkat keberhasilan komunikasi hingga 86%. Pada pengujian perangkat bergerak, menunjukan hal yang serupa. tingkat penurunan kualitas sinyal sangat dipengaruhi oleh jarak antar perangkat. Untuk meningkatkan kuliatas layanan komunikasi yang lebih baik, pada pengembangan selanjutnya disarankan melaukan perbandingan kualitas layanan beberapa radio komunikasi dengan menyertakan penguat dan model antenna yang sesuai.

Daftar Rujukan

- [1] A. I. Efendi, S. D. I. Dudung, and E. Sudriyanto, "FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEPUASAN DAN LOYALITAS PENGGUNA ANGKUTAN UMUM MENGGUNAKAN PEMODELAN PARTIAL LEAST SQUARES (PLS-SEM)," *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat*, vol. 14, no. 2, pp. 96–107, 2023.
- [2] E. Juwanto and L. S. Putranto, "ANALISIS KEPUASAN PENGGUNA TERHADAP FASILITAS BUS TRANSJAKARTA DI HALTE TANJUNG DUREN," *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, pp. 1021–1030, 2024.
- [3] R. D. Aditya, "ANALISIS TINGKAT KEPUASAN PENUMPANG BUS TRANS JOGJA JALUR 4A DAN 4B," *UAJY*, 2011.
- [4] D. A. Winanda and others, "Kajian Efektivitas Pelayanan Transportasi Publik Masa Pandemi Covid-19 (Studi Kasus: ute Tanjung Anom-UIIN)," Universitas Medan Area, 2021.

- [5] E. S. Pane, "ICT untuk Mereduksi Biaya Logistik pada Transportasi Multimoda," *Masyarakat Telematika dan Informatika*, vol. 7, no. 1, p. 233794, 2016.
- [6] Y. Lin, P. Wang, and M. Ma, "Intelligent transportation system (ITS): Concept, challenge and opportunity," in *2017 IEEE 3rd International Conference on Big Data Security on Cloud (BigDataSecurity), IEEE International Conference on High Performance and Smart Computing (HSPC), and IEEE International Conference on Intelligent Data and Security (IDS)*, 2017, pp. 167–172.
- [7] N. S. Ristanti, "Smart Mobility dalam Pengembangan Transportasi Berbasis Aplikasi Online Di Indonesia," *Ruang*, vol. 4, no. 3, pp. 237–246, 2018.
- [8] K. N. A. Wiranata, E. R. Ngurah Indra, and G. Sukadarmika, "RANCANG BANGUN PURWARUPA SISTEM KOMUNIKASI ANTAR KENDARAAN MENGGUNAKAN NRF24L01 MODE SIMPLEX," *Jurnal SPEKTRUM Vol*, vol. 11, no. 1, 2024.
- [9] A. Rodiyah and S. I. Wahjono, "Peran Internet Of Things (Iot) Dalam Industri Transportasi," 2024, *Surabaya*.
- [10] A. E. I. Ketut, M. A. Afandi, H. Pujiharsono, F. N. Gustiyana, H. Krishna, and F. H. Juwono, "Implementation and Analysis of the Internet of Things System for Electrical Energy Monitoring At Institut Teknologi Telkom Purwokerto," *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, vol. 4, no. 3, pp. 627–638, 2023.
- [11] R. S. Adji and H. Nurwarsito, "Pengembangan Sistem Pengiriman Data menggunakan LoRa Multipoint menggunakan Simple LoRa Protokol sebagai Kontrol Kebakaran Kandang Ayam," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 4, pp. 1984–1993, 2022.
- [12] R. F. Alawi, "Pembangunan Sistem Pemantauan & Komunikasi Pendaki Gunung Menggunakan Jaringan Mesh Lora," *Program Studi Teknik Informatika*, 2020.
- [13] K. S. Wibawa, "Sistem Personal Pemantauan Posisi, Kecepatan dan Penunjuk Arah Digital Berbasis Mikrokontroler," *SAINS DAN INFORMATIKA: RESEARCH OF SCIENCE AND INFORMATICA*, vol. 8, no. 2, pp. 70–76, 2022.
- [14] M. A. Amanaf and S. Anggraeni, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Angkutan Umum Menggunakan Metode GPS Tracking Area Purwokerto," *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 128–135, 2019.
- [15] N. Nazariani, "Aplikasi Sistem Tracking Transportasi Umum Secara Realtime Menggunakan Algoritma Dijkstra Berbasis Android Di Kota Lhokseumawe," Universitas Malikussaleh, 2019.
- [16] H. F. J. Lami, S. I. Pella, and others, "PERBANDINGAN UNJUK KERJA COAP DAN HTTP PADA TRANSAKSI DATA PERANGKAT IOT," *Jurnal Media Elektro*, pp. 172–177, 2022.
- [17] N. Makarem, W. B. Diab, I. Mougharbel, and N. Malouch, "On the design of efficient congestion control for the Constrained Application Protocol in IoT," *Computer Networks*, vol. 207, p. 108824, 2022.
- [18] P. Madhumitha, B. Johnsema, and D. Manivannan, "Domination of constrained application protocol: a requirement approach for optimization of Internet of Things in wireless sensor networks," *Indian J Sci Technol*, vol. 7, no. 3, p. 296, 2014.
- [19] W. Yuliani and N. Banjarnahor, "Metode penelitian pengembangan (rmd) dalam bimbingan dan konseling," *Quanta Journal*, vol. 5, no. 3, pp. 111–118, 2021.
- [20] N. A. Safitri and A. S. Priambodo, "MQTT and CoAP Communication Protocol Analysis in Internet of Things System for Strawberry Hydroponic Plants," *Journal of Robotics, Automation, and Electronics Engineering*, vol. 1, no. 1, 2023.