

Sistem Deteksi Kendaraan Menggunakan Sensor Ultrasonik Dan Medan Magnet Berbasis Komunikasi LoRa

Fakhri Afrizal*¹, Bambang Nurcahyo Prastowo²

¹Prodi Elektronika dan Instrumentasi, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

²Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

e-mail: *¹fakhriafrizal@mail.ugm.ac.id, ²prastowo@ugm.ac.id

Abstrak

Kendaraan bermotor milik pribadi merupakan moda transportasi utama yang digunakan sebagian besar penduduk di Negara Indonesia pada masa saat ini. Seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan bermotor, diperlukan perkembangan infrastruktur yang dapat mendukung pengguna kendaraan tersebut. Salah satunya adalah sistem manajemen fasilitas tempat parkir. Sistem tempat parkir konvensional yang ada di Indonesia sekarang ini mengharuskan pengguna untuk mengelilingi tempat parkir untuk mendapatkan tempat parkir yang kosong. Kegiatan tersebut membutuhkan waktu dan tidak efisien, sehingga dibutuhkan sistem parkir yang dapat mendeteksi keadaan tempat parkir dan memberikan informasi kepada pengguna secara langsung.

Penelitian ini membahas mengenai perancangan sistem deteksi kendaraan dalam implementasi parkir cerdas yang diaplikasikan di luar ruangan. Perangkat yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor ultrasonik HC-SR04 dan medan magnet HMC5883L pada sensor node untuk proses deteksi dan menggunakan LoRa RFM95W untuk berkomunikasi dengan gateway.

Sistem parkir cerdas yang dirancang mampu mendeteksi keberadaan kendaraan di tempat parkir dan membedakan mobil dengan objek lain dengan persentase tingkat keberhasilan 100%. Informasi hasil deteksi akan dikirim menuju basis data berupa informasi mengenai status ketersediaan tempat parkir.

Kata kunci— Sistem parkir cerdas, Deteksi kendaraan, Internet of things, LoRaWAN

Abstract

Nowadays, privately owned vehicles still holds the position as the staple of transportation used by the majority of people, especially in Indonesia. Along with the increasing number of vehicles, its necessary to develop infrastructure that can support its usage. One of them is the development of a parking management system. The current conventional parking system in Indonesia requires users to surround the parking area to find an empty parking space. These activity takes time for the user so it is inefficient. To resolve that problem, it needs a smart parking system that can provide information about empty parking space location directly to the users.

This study discusses the design of a vehicle detection system in the implementation of outdoor smart parking. The device that used in this research is the ultrasonic sensor HC-SR04 and the HMC5883L magnetic field sensor for the detection process and uses LoRa RFM95W to communicate with the gateway device.

The smart parking system designed is able to detect the presence of car in the parking area and differentiate the car from other objects with a 100% success rate percentage. Then, the information of detection result will be sent to the database regarding the status of the availability of parking spaces.

Keywords— Smart parking system, Car detection, Internet of things, LoRaWAN

1. PENDAHULUAN

Pada masa sekarang ini, kendaraan bermotor masih menjadi moda transportasi utama yang digunakan oleh masyarakat di Indonesia. Pada tahun 2019, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 133.617.012 unit yang terdiri dari sepeda motor, mobil penumpang, mobil barang, dan mobil bus [1]. Dilihat dari statistik tersebut, kendaraan bermotor akan terus bertambah setiap tahunnya tanpa ada tanda-tanda penurunan. Pertambahan kendaraan yang pesat menyebabkan kemacetan dan kesulitan pengelolaan lalu lintas, terutama di daerah perkotaan. Salah satu alasan yang menyebabkan kemacetan lalu lintas jalan adalah tempat parkir ilegal seperti di tepi dan ruas-ruas jalan yang tidak diizinkan. Selain itu, pengelolaan tempat parkir, informasi *real time* tentang slot parkir, dan ketersediaan lahan parkir itu sendiri juga menjadi permasalahan yang harus dihadapi.

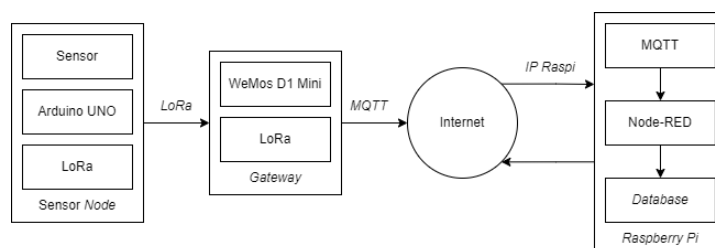
Berkenaan dengan permasalahan tersebut, pengguna kendaraan akan semakin sulit untuk menemukan tempat parkir yang aman dan menemukan ketersediaan tempat parkir yang kosong. Jika dilakukan pembangunan tempat parkir baru tidak akan mudah dilakukan dikarenakan keterbatasan sumber daya dan lahan yang tersedia, terutama di kawasan perkotaan dengan kepadatan penduduk yang tinggi. Menurut sebuah penelitian, rata-rata penggunaan kendaraan roda empat menghabiskan 95% dari waktunya untuk berada di tempat parkir[2]. Selain itu, penelitian yang dilakukan di Seattle, USA, menunjukkan bahwa sebanyak 60% dari kemacetan lalu lintas disebabkan oleh pengemudi kendaraan yang berkeliling mencari tempat parkir di daerah tersebut [3]. Oleh karena itu, diperlukan sebuah solusi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan tempat parkir dan proses parkir yang dilakukan. Permasalahan lain yang sering dijumpai adalah ketersediaan informasi ketika pengemudi hendak memasuki suatu tempat parkir umum. Permasalahan ini menyebabkan pengemudi sulit untuk mencari lahan parkir yang kosong untuk memarkir kendaraannya. Apabila menggunakan cara konvensional, pengemudi akan berkeliling untuk menyisir seluruh area parkir dikarenakan tidak memiliki bantuan informasi yang dapat membantu untuk menuju tempat parkir yang kosong. Kondisi tempat parkir pun dapat berubah selama pengemudi mencari tempat parkir yang kosong sehingga pencarian tempat parkir menjadi lebih tidak efisien[4]. Hal tersebut mempengaruhi peningkatan konsumsi bahan bakar yang digunakan kendaraan bermotor. Kegiatan pencarian lahan parkir dengan cara seperti ini diperkirakan menghabiskan sekitar 1.000.000 barel bahan bakar setiap harinya. Berdasarkan penelitian, suatu sistem smart parking dapat menghemat sekitar 220.000 galon bahan bakar hingga tahun 2030 serta sekitar 300.000 galon bahan bakar yang dihemat hingga tahun 2050 jika diimplementasikan dengan baik[5]. Selain itu, saat terjebak di kemacetan, kendaraan menjadi lebih banyak membakar bahan bakar yang seharusnya tidak diperlukan sehingga mengakibatkan peningkatan efek gas rumah kaca seperti karbon monoksida dan karbon dioksida [6].

Hingga sampai saat ini, di Indonesia sendiri sudah banyak berkembang teknologi pada sistem pengelolaan tempat parkir seperti pencatatan nomor kendaraan yang masuk dan keluar, pencatatan waktu kendaraan masuk dan keluar, serta sistem informasi pelayanan tempat parkir yang dilengkapi kamera. Akan tetapi, masih belum ada sistem teknologi yang dapat memberikan informasi yang tersedia mengenai slot parkir yang kosong kepada para pengemudi yang sedang mencari tempat parkir secara langsung, terutama yang dirancang khusus untuk penggunaan di dalam bangunan seperti mal, rumah sakit, dan lain sebagainya. Penggunaan teknologi sistem informasi tempat parkir berbasis protokol komunikasi nirkabel yaitu LoRa yang dapat menjadi satu pilihan yang tepat mempertimbangkan besar pengiriman data dan bandwidth jaringan. Penggunaan teknologi ini juga dapat mengurangi biaya instalasi secara signifikan jika dibandingkan dengan penggunaan komunikasi Wi-Fi dan *Bluetooth Low Energy* (BLE) yang lebih banyak memerlukan jumlah gateway [7]. Penggunaan *Internet of Things* dapat menjadi sebuah solusi dikarenakan perangkat IoT dapat memberi informasi secara real-time dan konektivitas yang fleksibel sehingga akan menghemat biaya operasional dan memudahkan pengelolaan suatu sistem [8]. Menurut riset Gartner pada 2019, ekspektasi pasar untuk Internet of Things akan semakin stabil dan lebih diterima masyarakat untuk kurun waktu 5 hingga 10 tahun kedepan [9].

Dengan dikembangkannya sistem parkir cerdas berbasis *Internet of Things* (IoT) yang menggunakan komunikasi LoRa Wireless ini diharapkan permasalahan-permasalahan yang dijumpai pada pengelolaan sistem parkir konvensional dapat diselesaikan. Informasi mengenai kondisi lahan parkir di suatu tempat akan lebih mudah untuk didapatkan oleh pengemudi yang sedang mencari tempat parkir. Pengemudi dapat memperoleh petunjuk navigasi, ketersediaan tempat parkir, dan durasi lama kendaraan diparkirkan yang dapat diakses oleh pengguna jasa parkir maupun pihak operasional tempat parkir secara real-time melalui internet menggunakan aplikasi smartphone, website, maupun petunjuk visual yang dirancang pada area parkir. Selain itu, data-data hasil pemantauan keadaan lahan parkir yang disimpan juga dapat digunakan oleh pengelola jasa parkir untuk melakukan evaluasi dan pembentukan kebijakan seperti penentuan tarif parkir dan reservasi tempat parkir agar meningkatkan pelayanan yang lebih baik.

2. METODE PENELITIAN

Berdasarkan permasalahan yang dibahas pada bagian sebelumnya, penelitian ini dilakukan untuk menguji sistem deteksi kendaraan dalam implementasi sistem parkir cerdas menggunakan sensor ultrasonik dan medan magnet berbasis komunikasi LoRa. Secara garis besar, sistem yang dirancang terbagi menjadi perangkat sensor *node* dan perangkat *gateway*, serta Raspberry Pi yang digunakan sebagai *broker* MQTT dan server basis data. Perangkat sensor *node* terdiri dari Arduino UNO, sensor ultrasonik, sensor medan magnet, dan LoRa RFM95W yang digunakan untuk melakukan proses deteksi kendaraan dan melakukan pengiriman data menuju perangkat *gateway*. Perangkat *gateway* terdiri dari LoRa untuk menerima data dari sensor *node* dan WeMos D1 Mini yang memiliki modul ESP8266 untuk terhubung ke jaringan WiFi agar dapat mengirimkan data melalui protokol MQTT sebelum dikirim menuju basis data.



Gambar 1 Arsitektur Sistem

Penelitian yang dilakukan yaitu menguji perangkat sensor *node* meliputi pengujian sensor ultrasonik, pengujian sensor medan magnet, dan pengujian deteksi kendaraan dalam berbagai kondisi lapangan yang diuji. Pengujian perangkat *gateway* dilakukan untuk menguji keberhasilan tingkat penerimaan data menggunakan komunikasi LoRa meliputi pemilihan frekuensi yang digunakan dan pengujian tingkat keberhasilan pengiriman data apakah terjadi *packet loss* atau tidak. Kemudian dilakukan pengujian tingkat keberhasilan penerimaan data pada server basis data.

2.1 Analisis Sistem

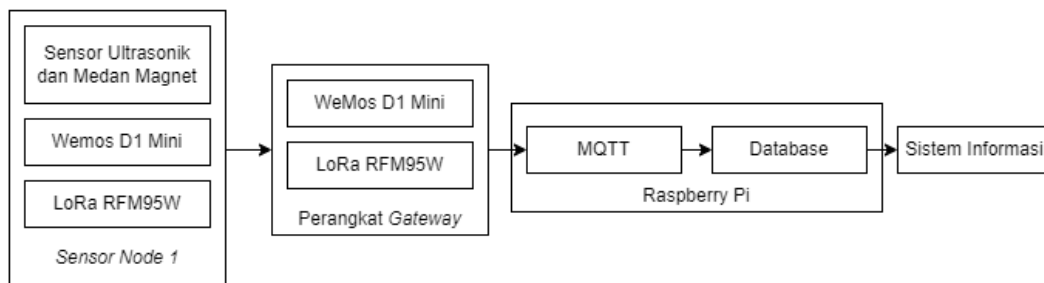
Sistem yang diperlukan pada penelitian ini diharapkan mampu untuk memenuhi kebutuhan dalam mendeteksi kendaraan bermotor pada suatu sistem fasilitas parkir cerdas. Kebutuhan sistem yang diperlukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sistem yang dirancang dapat mendeteksi keberadaan kendaraan bermotor terutama mobil pada suatu tempat parkir.
2. Sistem yang dirancang dapat membedakan objek kendaraan dengan objek lain yang berada di tempat parkir tersebut.
3. Sistem dapat memberikan informasi perubahan kondisi tempat parkir secara realtime terkait ketersediaan slot parkir.
4. Informasi kondisi tempat parkir dapat diakses pengguna fasilitas parkir melalui internet.

Dari beberapa kebutuhan sistem tersebut dilakukan analisis mengenai konsep perangkat yang dirancang. Perangkat sensor *node* dilengkapi sensor yang berfungsi mendapatkan informasi terkait ketersediaan lahan parkir dan dapat mengirimkan data hasil bacaan menuju *gateway* menggunakan komunikasi nirkabel berupa LoRa. Penggunaan LoRa dipilih karena memiliki beberapa kelebihan di antaranya teknologi ini membutuhkan konsumsi daya yang rendah dan memiliki jangkauan area yang cukup luas sehingga cocok untuk diterapkan pada tempat parkir terbuka. Informasi yang diterima *gateway* akan dikirimkan menggunakan protokol MQTT untuk diteruskan menuju server basis data untuk keperluan pengembangan sistem informasi pada pengguna fasilitas parkir.

2. 2 Perancangan Sistem

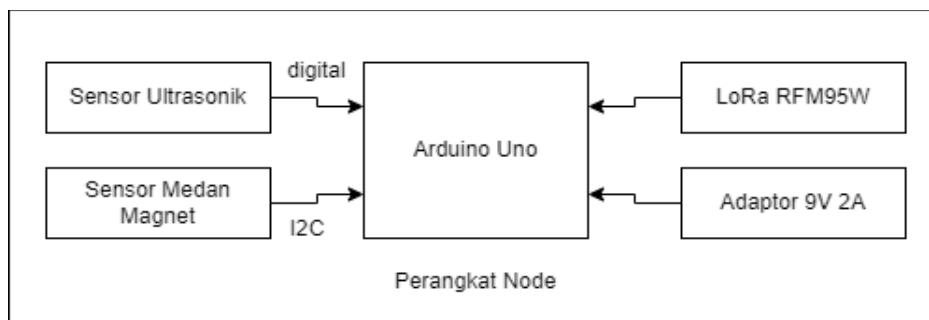
Pada sistem yang dirancang perangkat sensor *node* dipasang pada masing-masing slot parkir yang terdapat pada suatu fasilitas parkir. Kemudian perangkat *node* akan mengirimkan informasi hasil deteksi ke suatu *gateway* yang tersedia. Data pada *gateway* akan diteruskan menuju database untuk penyimpanan dan proses berikutnya untuk ditampilkan pada suatu sistem informasi. Secara garis besar, sistem yang dirancang dalam penelitian ini ditunjukkan dengan blok diagram pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Blok Perancangan Sistem

2. 2. 1 Perancangan Perangkat Sensor Node

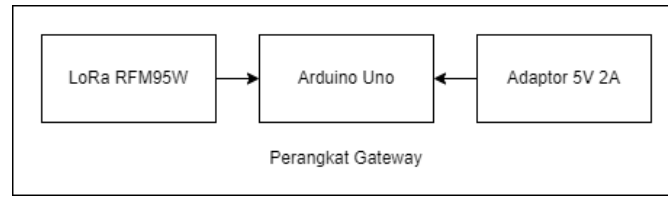
Pada perancangan sensor *node* diperlukan beberapa perangkat keras yang digunakan meliputi mikrokontroler menggunakan Arduino UNO sebagai komponen utama untuk melakukan pemrosesan, sensor HC-SR04 dan HMC5883L untuk melakukan proses deteksi, dan modul LoRa untuk melakukan pengiriman data menuju *gateway*.



Gambar 3 Diagram Blok Rancangan Perangkat Sensor Node

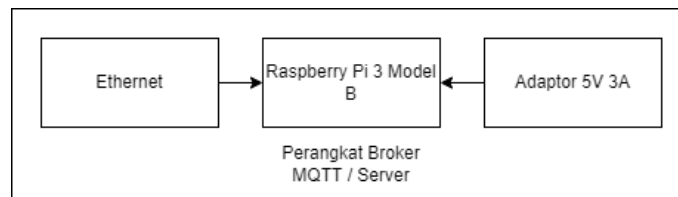
2. 2. 2 Perancangan Perangkat Gateway

Untuk perancangan perangkat *gateway* menggunakan WeMos D1 Mini sebagai mikrokontroler yang digunakan untuk pemrosesan data hasil penerimaan dari sensor *node* dan LoRa RFM95W merupakan modul LoRa yang digunakan. Penggunaan WeMos D1 Mini sebagai mikrokontroler mempertimbangkan perangkat ini memiliki modul WiFi ESP8266 dikarenakan perangkat *gateway* perlu terhubung ke suatu jaringan internet untuk dapat melakukan *publish* data menggunakan protokol MQTT untuk diteruskan kembali menuju server basis data. Perancangan perangkat *gateway* ditunjukkan dengan blok diagram pada Gambar 4.

Gambar 4 Diagram Blok Rancangan Perangkat *Gateway*

2. 2. 3 Perancangan MQTT Broker dan Server

Perangkat yang dibutuhkan pada rancangan MQTT broker dan server pada rancangan sistem yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah Raspberry Pi Model B dan kabel ethernet RJ45 untuk menghubungkan Raspberry Pi dengan jaringan internet. Pada perangkat Raspberry Pi dipasang platform *open-source* Eclipse Mosquitto yang menyediakan layanan pesan broker MQTT. Selain itu, pada Raspberry Pi juga terpasang InfluxDB yang digunakan sebagai server basis data untuk penyimpanan data.

Gambar 5 Diagram Blok Rancangan Perangkat *Broker dan Server Basis Data*

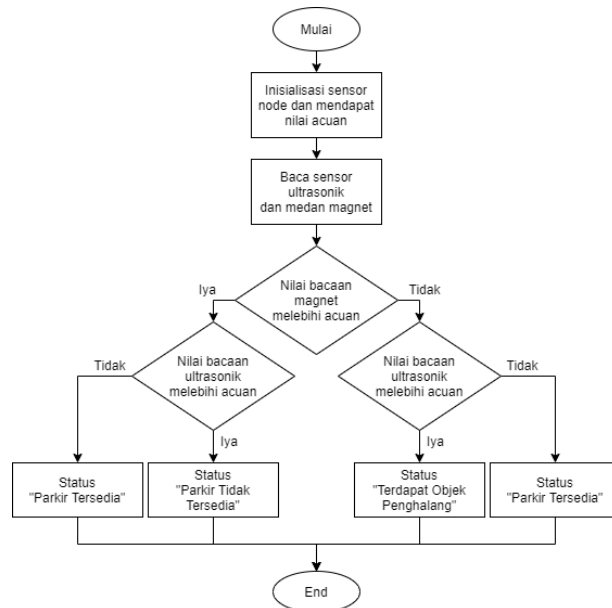
2. 3 Implementasi Deteksi Kendaraan

Penelitian ini menggunakan dua jenis sensor yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor medan magnet HMC5883L untuk melakukan deteksi kendaraan pada tempat parkir. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek yang ada di depan sensor. Namun, sensor ini tidak dapat membedakan apakah objek yang dideteksi merupakan sebuah kendaraan atau bukan. Oleh karena itu, digunakan sensor medan magnet yang dapat mengukur perubahan intensitas medan magnet apabila terdapat kendaraan yang sejajar dengan sumbu arah masuknya mobil pada tempat parkir, baik dalam keadaan parkir mundur maupun maju. Untuk ketinggian sensor *node* ditentukan 75 cm mempertimbangkan salah satu mobil dengan *ground clearance* tertinggi yaitu Landrover Range Rover yaitu 11,62 inch atau 295,5 mm [10] dan ketinggian bagasi mobil sedan Civic RS setinggi 42 inch atau 106,68 mm [11]. Konsep peletakan perangkat sensor *node* di tempat parkir ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 6 Konsep Peletakan Sensor *Node*

2. 3. 1 Algoritma Deteksi Kendaraan

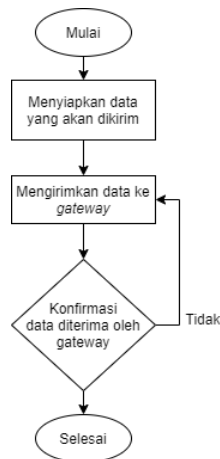
Pada proses deteksi kendaraan, dimulai dengan inisialisasi menyalakan sensor node dan mendapatkan nilai acuan. Untuk menentukan perubahan nilai intensitas medan magnet digunakan nilai medan magnet yang sedang dibaca oleh sensor dibandingkan dengan suatu nilai acuan yang menunjukkan intensitas medan magnet saat tidak terdapat kendaraan pada tempat parkir. Selanjutnya nilai tersebut juga dikombinasikan dengan hasil bacaan dari sensor ultrasonik untuk mendapatkan informasi keberadaan kendaraan. Terdapat tiga kemungkinan keluaran yang mungkin terjadi dari sistem ini, yaitu tempat parkir tersedia, tempat parkir tidak tersedia, dan terdapat objek penghalang pada tempat parkir. Gambar 7 menunjukkan diagram alir dari algoritma deteksi kendaraan pada sistem yang dirancang.



Gambar 7 Diagram Alir Algoritma Deteksi Kendaraan

2. 3. 2 Algoritma Pengiriman Data

Proses selanjutnya setelah data mengenai keberadaan kendaraan sudah diketahui oleh sensor *node*, data tersebut dikirim ke suatu *gateway* melalui komunikasi LoRa. Setelah data diterima, *gateway* akan memberikan konfirmasi data terkirim. Kemudian data tersebut dikirimkan menggunakan protokol MQTT untuk diteruskan ke suatu basis data yang terdapat pada web server untuk dapat ditampilkan pada suatu sistem informasi. Algoritma pengiriman data ditunjukkan pada diagram alir Gambar 8.



Gambar 8 Diagram Alir Algoritma Pengiriman Data

2.4 Rencana Pengujian dan Analisis Data

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dalam 3 tahapan, yaitu pengujian pada perangkat sensor *node*, pengujian pada perangkat *gateway*, dan pengujian penerimaan informasi pada basis data di web server. Pada penelitian ini akan memiliki fokus untuk menganalisis pengujian sensor yang digunakan untuk deteksi kendaraan dan komunikasi LoRa yang digunakan. Terdapat beberapa aspek yang akan dianalisis dalam proses pengujian seperti variasi penempatan dan jarak sensor dengan objek, variasi kondisi lapangan tempat parkir, jarak sensor *node* dengan *gateway*, serta frekuensi yang digunakan pada LoRa. Dari pengujian ini maka akan didapatkan tingkat keberhasilan sensor yang digunakan untuk deteksi kendaraan pada suatu sistem parkir cerdas, serta keberhasilan pengiriman data menggunakan komunikasi LoRa yang digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. 1 Pengujian Perangkat Sensor Node

3. 1. 1 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonic HC-SR04 digunakan pada sensor *node* untuk menentukan jarak objek yang berada di depan sensor *node*. Pengujian sensor ini dilakukan dengan mengukur jarak kendaraan yang telah ditentukan oleh penulis dan membandingkan dengan jarak kendaraan yang sesungguhnya dari sensor *node*. Jangkauan jarak yang diuji adalah dari 200 cm hingga 25 cm dari sensor. Hasil pengujian dari sensor ultrasonik dapat dilihat pada Tabel 1.

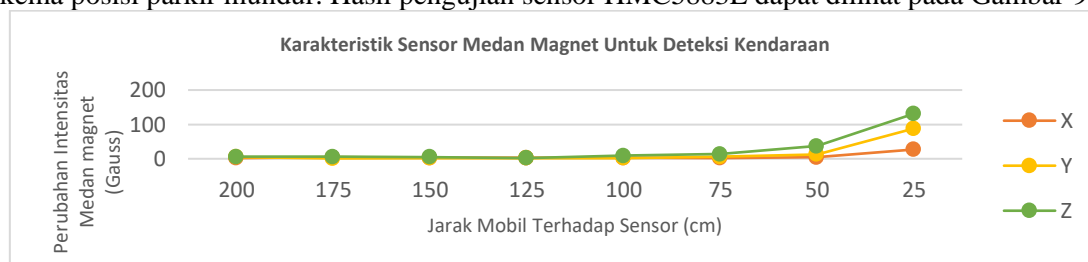
Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Jarak Sesungguhnya (cm)	Jarak Hasil Bacaan Sensor (cm)	Error (%)
200	197	1,500
175	170	2,857
150	147	2,000
125	122	2,400
100	98	2,000
75	69	8,000
50	45	10,000
25	24	4,000
Rerata Error (%)		4,095

Untuk deteksi menggunakan sensor ultrasonik, bentuk bagian depan dan belakang masing-masing jenis kendaraan mempengaruhi proses deteksi bacaan jarak sensor ultrasonik. Namun, dapat diketahui pula bahwa kesalahan pembacaan yang terjadi tidak terlalu signifikan. Dapat diketahui nilai rerata error dari hasil pembacaan sensor adalah 4,095% dengan nilai error maksimal adalah 10% dari delapan kali percobaan yang dilakukan dengan jarak pengujian yang berbeda. Dengan demikian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 dapat diandalkan untuk melakukan deteksi nilai jarak dari sensor terhadap objek untuk mendukung implementasi sistem deteksi kendaraan dengan baik.

3. 1. 2 Pengujian Sensor HMC5883L

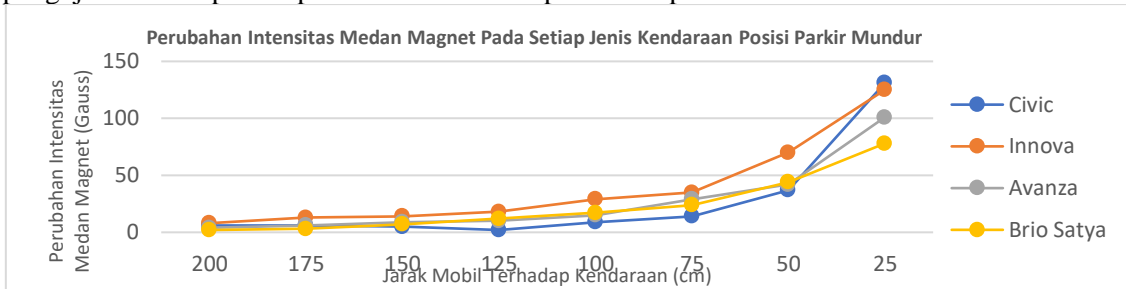
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sensor magnetometer HMC5883L yang digunakan untuk mengukur perubahan intensitas medan magnet yang diakibatkan oleh sifat feromagnetik dari kendaraan yang mendekati sensor *node*. Pada pengujian ini posisi sumbu X positif mengarah ke kiri sensor *node* secara horizontal, sumbu Y positif mengarah ke atas sensor *node*, dan sumbu Z positif mengarah ke depan sensor *node* atau searah dengan arah datangnya kendaraan. Sensor *node* akan membaca perubahan intensitas medan magnet pada setiap sumbu saat kendaraan berada pada jarak 200 cm hingga 25 cm dari sensor *node*. Pada penelitian ini digunakan mobil Honda Civic untuk melakukan pengujian pada sensor medan magnet dengan skema posisi parkir mundur. Hasil pengujian sensor HMC5883L dapat dilihat pada Gambar 9.



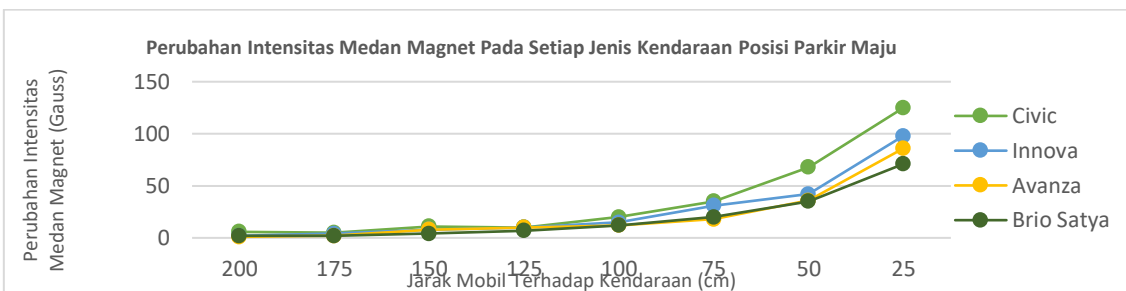
Gambar 9 Karakteristik Sensor Medan Magnet Untuk Deteksi Kendaraan

Dari pengujian ini diketahui perubahan intensitas pada sumbu Z lebih besar dari kedua sumbu lainnya, dikarenakan sumbu Z mengarah tepat ke arah datangnya kendaraan. Sehingga dipilih sumbu Z sebagai parameter dalam menentukan kondisi ada atau tidaknya kendaraan pada tempat parkir. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui nilai perubahan intensitas medan magnet yang diakibatkan oleh kendaraan lain yang menjadi subjek dalam penelitian ini. Kendaraan yang digunakan dalam pengujian ini adalah mobil Honda Civic, Toyota Innova,

Toyota Avanza, dan Honda Brio Satya. Pada pengujian yang dilakukan diberikan variasi terhadap posisi sensor node, yaitu dalam keadaan parkir mundur dan keadaan parkir maju. Hasil dari pengujian terhadap keempat mobil tersebut dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.

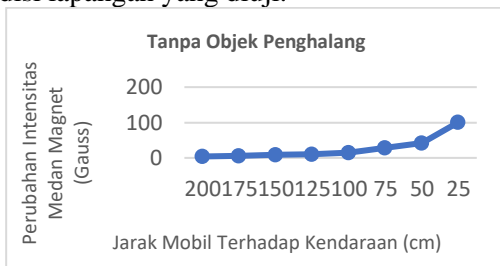


Gambar 10 Perbandingan Perubahan Intensitas Medan Magnet Pada Setiap Jenis Kendaraan yang Diuji Dengan Posisi Parkir Mundur

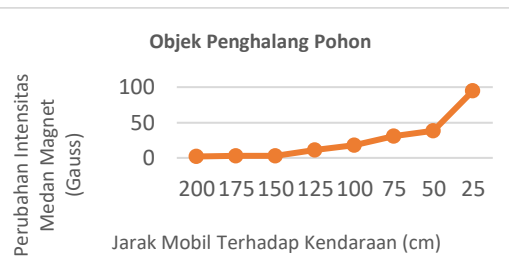


Gambar 11 Perbandingan Perubahan Intensitas Medan Magnet Pada Setiap Jenis Kendaraan yang Diuji Dengan Posisi Parkir Maju

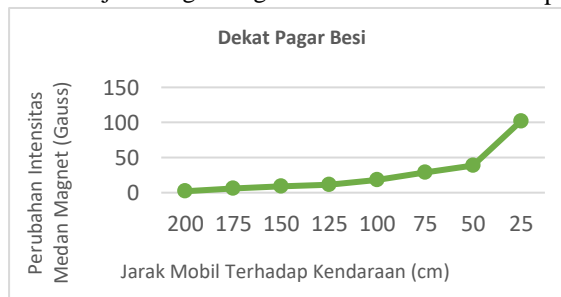
Selain dilakukan variasi terhadap posisi sensor juga dilakukan variasi terhadap kondisi lapangan pada penempatan sensor node. Perangkat keras sensor node diletakkan pada kondisi bebas objek penghalang, kondisi terdapat pohon sebagai objek penghalang, dan kondisi ketika sensor node diletakkan pada tempat yang terdapat bahan feromagnetik. Digunakan kendaraan tipe Toyota Avanza dalam melakukan pengujian ini. Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14 menunjukkan grafik perubahan intensitas medan magnet yang terjadi pada masing-masing kondisi lapangan yang diuji.



Gambar 12 Pengujian Sensor Node Untuk Deteksi Pada Kondisi Bebas Objek Penghalang



Gambar 13 Pengujian Sensor Node Untuk Deteksi Pada Kondisi Terdapat Pohon Penghalang



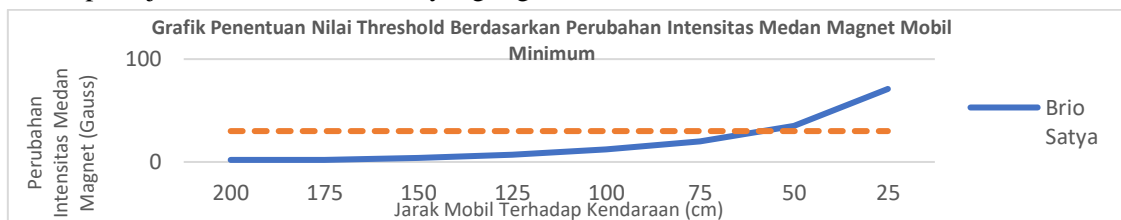
Gambar 14 Pengujian Sensor Node Untuk Deteksi Pada Kondisi Dipasang Dekat Dengan Pagar Besi

Dari hasil pengujian ini dapat diketahui bahwa dari keempat kendaraan yang diuji memiliki kemiripan dalam perubahan intensitas medan magnet yang terjadi baik dalam keadaan parkir mundur maupun dalam parkir maju. Nilai perubahan intensitas medan magnet tertinggi pada jarak 25 cm terhadap sensor node didapatkan pada pengujian Honda Civic dengan nilai perubahan 131 miliGauss dengan keadaan parkir mundur dan 125 miliGauss pada keadaan parkir maju. Sedangkan nilai terendah didapatkan pada pengujian terhadap mobil Honda Brio dengan nilai perubahan 78 miliGauss pada keadaan parkir mundur dan 71 miliGauss pada keadaan parkir maju. Perbedaan nilai perubahan intensitas medan magnet pada setiap mobil yang diuji diakibatkan oleh material feromagnetik yang berbeda, terutama bahan pada bagian bumper depan maupun belakang dari masing-masing jenis mobil yang diuji. Dikarenakan objek tersebut yang langsung berhadapan dengan sensor medan magnet.

Untuk pengujian terhadap variasi kondisi lapangan hanya mengakibatkan perubahan yang tidak cukup signifikan pada setiap kondisi lapangan yang diuji. Hal ini dikarenakan pada setiap kali sensor node dinyalakan akan melakukan inisiasi nilai yang digunakan sebagai acuan kondisi awal sensor medan magnet. Sehingga pada setiap perbedaan kondisi lapangan sensor node dapat menyesuaikan dengan keadaan yang ada.

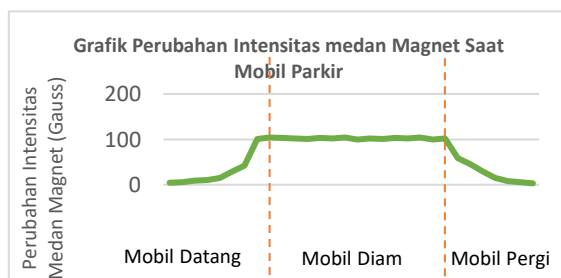
3. 1. 3 Pengujian Deteksi Kendaraan

Dari pengujian sebelumnya dapat diketahui karakteristik masing-masing sensor sehingga penulis dapat menentukan nilai batas (*threshold*) yang digunakan sebagai acuan oleh sensor *node* untuk deteksi kendaraan pada tempat parkir. Nilai *threshold* yang digunakan ditentukan sedemikian rupa sehingga nilainya cukup rendah untuk memungkinkan waktu reaksi sensor yang cukup cepat, tetapi cukup tinggi untuk menghindari keadaan false positive saat proses deteksi kendaraan. Dengan pertimbangan tersebut ditentukan nilai batas yang akan digunakan untuk batas jarak adalah 50 cm. Sedangkan untuk nilai batas perubahan intensitas medan magnet adalah 30 miliGauss mempertimbangkan nilai referensi medan magnet terendah pada mobil Honda Brio Satya sebesar 35 miliGauss pada jarak 50 cm. Hal ini mempertimbangkan bahwa perangkat sensor *node* mulai dapat membaca perubahan intensitas yang cukup signifikan ketika objek kendaraan berada pada jarak 50 cm dari sensor yang digunakan untuk deteksi.

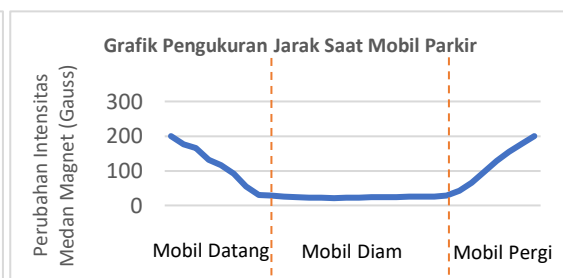


Gambar 15 Penentuan Nilai Threshold Intensitas Medan Magnet Mobil

Pada Gambar 16 dan 17 ditunjukkan grafik hasil pembacaan sensor ultrasonik dan sensor medan magnet pada saat pengujian. Dapat dilihat bahwa ketika mobil bergerak mendekati sensor *node* maka nilai jarak akan menurun dan perubahan intensitas medan magnet pada sumbu Z akan meningkat. Ketika mobil dalam keadaan diam dalam tempat parkir, hasil dari pembacaan sensor relatif tetap. Kemudian ketika mobil mulai bergerak untuk meninggalkan tempat parkir, maka nilai pada sensor akan kembali mendekati nilai awal pada saat inisiasi sensor *node*.

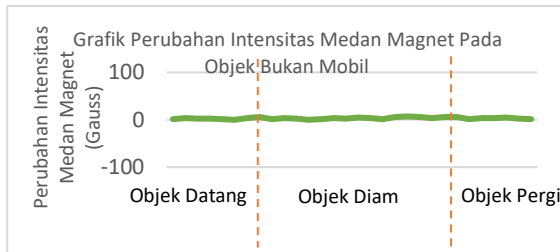


Gambar 16 Grafik Pengukuran Medan Magnet Saat Mobil Parkir

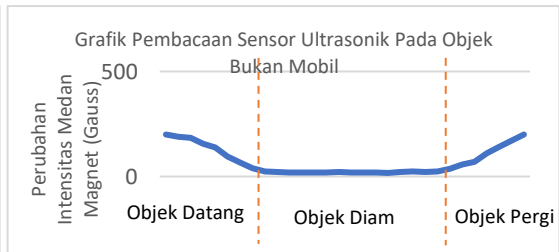


Gambar 17 Grafik Pengukuran Jarak Saat Mobil Parkir

Diperlukan juga pengujian pada objek selain kendaraan terhadap sensor node. Pada pengujian ini dilakukan pengujian ketika sensor node didekati oleh manusia seperti pada Gambar 18 dan 19 menunjukkan data hasil pembacaan sensor yang diuji pada objek manusia. Diketahui jika pada sensor node mendeteksi penurunan nilai jarak hasil bacaan dari sensor ultrasonik, tetapi tidak mengalami perubahan yang signifikan pada pembacaan nilai intensitas medan magnet. Ini menandakan bahwa sensor node mendeteksi keberadaan suatu objek yang menghalangi di tempat parkir tersebut, bukan merupakan suatu kendaraan yang ada di tempat parkir.



Gambar 18 Grafik Pengukuran Medan Magnet Objek Bukan Kendaraan



Gambar 19 Grafik Pengukuran Jarak Objek Bukan Kendaraan

3. 2 Pengujian Perangkat Gateway

3. 2. 1 Pengujian Pemilihan Frekuensi Pada LoRa

Pengujian pertama yang dilakukan pada penerimaan data ini adalah pemilihan frekuensi yang digunakan oleh LoRa dalam komunikasi pengiriman data. Sesuai dengan peraturan PM Kominfo No.1 2019, regulasi terkait penggunaan frekuensi LoRa di Indonesia ditetapkan pada jangkauan frekuensi 920 – 923 Mhz. Sehingga pengujian pada penelitian ini melakukan percobaan pada rentang frekuensi tersebut. Pengujian dilakukan dengan jarak antara sensor node dan gateway adalah 2 meter dalam keadaan bebas objek penghalang dengan antenna spiral heliks. Hasil pengujian dari variasi frekuensi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengujian Pemilihan Frekuensi LoRa

Frekuensi (MHz)	RSSI (dBm)
920	-52
920.5	-52
921	-53
921.5	-52
922	-51
922.5	-52
923	-51

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan pemilihan frekuensi agar mendapatkan nilai indikator kekuatan sinyal terima atau RSSI (Received Signal Strength Indicator) terbaik yang didapatkan dari penggunaan komunikasi LoRa. Nilai RSSI yang baik adalah dalam rentang 0 hingga -127dBm, semakin mendekati nilai 0 maka sinyal tersebut akan lebih baik. Dari tabel di atas terlihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang cukup signifikan dari rentang variasi yang dipilih. Nilai frekuensi yang diuji sesuai dengan regulasi yang ada. Dalam hal ini dipilih penggunaan frekuensi pada 922 MHz untuk proses pengiriman data antara sensor node dengan gateway, dikarenakan memiliki nilai RSSI terbaik yaitu -51 dBm.

3. 2. 2 Pengujian Tingkat Keberhasilan Pengiriman Data

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keberhasilan pengiriman data dan untuk mengetahui apakah terdapat packet loss yang terjadi saat pengiriman data dilakukan. Pengujian dilakukan dengan melakukan variasi terhadap pemilihan waktu interval dalam pengiriman data dari sensor node pada gateway serta jarak peletakan antara sensor node dengan gateway. Hal tersebut dikarenakan kedua parameter ini cukup berpengaruh dalam menentukan tingkat keberhasilan pengiriman data menggunakan LoRa. Pada pengujian variasi waktu interval pengiriman data dilakukan dalam durasi waktu 2 menit untuk melakukan pengiriman dan

penerimaan data. Data yang dikirimkan sebesar 20 byte sesuai dengan keadaan saat pengiriman hasil deteksi kendaraan oleh sensor node.

Tabel 3 Pengujian Variasi Waktu Interval Pengiriman Data Terhadap *Packet Loss*

Parameter	Interval Pengiriman Data (detik)				
	1	2	3	5	10
Data yang seharusnya diterima	120	60	40	24	12
Data yang diterima	101	53	38	24	12
Selisih data tidak terkirim	19	7	2	0	0
Persentase Keberhasilan	84,17	88,33	95,00	100	100
Persentase Packet Loss (%)	15,83	11,67	5	0	0

Tabel 3 Pengujian Variasi Jarak Sensor *Node* dan *Gateway* Terhadap RSSI

Jarak (m)	RSSI (dBm)
920	-52
920.5	-52
921	-53
921.5	-52
922	-51
922.5	-52
923	-51

Dari pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa semakin kecil waktu interval yang digunakan dalam pengiriman data menyebabkan tingkat packet loss terjadi lebih tinggi dalam rentang waktu pengujian. Hal tersebut dikarenakan masing-masing perangkat membutuhkan waktu untuk memproses pengiriman dan penerimaan data yang terjadi. Waktu proses yang dibutuhkan tersebut adalah sekitar 93 mili detik. Dari beberapa tabel di atas dapat diketahui agar mendapatkan hasil pengiriman yang optimal digunakan interval minimal adalah 5 detik dikarenakan memiliki tingkat keberhasilan menerima data sebesar 100%.

Sementara itu, untuk pengujian variasi jarak peletakan antara sensor node dengan gateway tidak mempengaruhi dalam tingkat keberhasilan pengiriman data, tetapi berpengaruh terhadap nilai RSSI. Semakin jauh jarak antara sensor node dengan gateway, maka nilai RSSI akan semakin bertambah besar dikarenakan kekuatan sinyal yang semakin berkurang. Namun, hal tersebut tidak mempengaruhi keberhasilan pengiriman data yang dilakukan.

3. 2. 3 Pengujian Pengiriman Data ke Basis Data

Pada penelitian ini, untuk mengirimkan data hasil deteksi dilakukan dengan melalui protokol MQTT sebelum data dikirim menuju ke server basis data. Sehingga setelah data berhasil diolah oleh *gateway*, proses berikutnya adalah melakukan *publish* data menuju ke server MQTT yang tersedia. Dalam penelitian ini digunakan perangkat Raspberry Pi yang telah terpasang Eclipse Mosquitto untuk menjalankan MQTT broker yang berada dalam jaringan internet lokal. Untuk mengetahui tingkat keberhasilan *publish* data pada protokol MQTT dapat dilihat pada terminal Raspberry Pi dengan menjalankan *mosquitto* dan melakukan *subscribe* pada topik yang sesuai dengan topik *publish* yang dilakukan oleh *gateway*.

3. 3 Pengujian Keberhasilan Penerimaan Informasi pada Basis Data

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari *gateway* dalam melakukan penerimaan data dari sensor *node* dan pengiriman data ke basis data dilakukan pengujian penerimaan data pada basis data dari sensor *node* yang diterima. Pada pengujian ini dilakukan percobaan sebanyak 500 kali penerimaan data dari sensor *node* dan *gateway*. Dari pengujian tersebut didapatkan bahwa perangkat *gateway* berhasil untuk menerima seluruh data yang dikirim oleh sensor *node* dan berhasil pula mengirimkan seluruh data menuju ke basis data. Sehingga didapatkan persentase tingkat keberhasilan pengiriman data ke *database* dari sistem yang dirancang adalah 100%

berhasil. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu berfungsi dengan sangat baik untuk melakukan pengiriman data untuk disimpan pada server basis data.

4. KESIMPULAN

Telah dilakukan adalah telah dilakukan penelitian mengenai perancangan sistem deteksi kendaraan menggunakan sensor ultrasonik dan medan magnet berbasis komunikasi LoRa dengan mengujinya di halaman rumah penulis dengan variasi keadaan lokasi parkir bebas objek halangan, pohon sebagai objek halangan, dan pagar besi sebagai objek halangan pada 4 jenis mobil yaitu Honda Civic, Toyota Innova, Toyota Avanza, dan Honda Brio Satya. Dari beberapa variasi kondisi lapangan yang diuji, sensor *node* yang dirancang mampu untuk melakukan deteksi keberadaan mobil di tempat parkir dengan tingkat keberhasilan deteksi sebesar 100%. Untuk kondisi lain, dapat menghasilkan hasil bacaan sensor yang berbeda. Perangkat gateway yang dirancang mampu untuk menerima data informasi mengenai status keadaan tempat parkir dari sensor *node* dengan tingkat keberhasilan 100% penerimaan data. Serta mampu untuk melakukan pengolahan dan pengiriman data menuju basis data dengan tingkat keberhasilan 100%. Penggunaan Raspberry Pi sebagai broker MQTT dan server untuk basis data dapat menjalankan fungsinya dengan baik dalam pengiriman dan penyimpanan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2018," *Badan Pusat Statistik*, 2021. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133> (accessed May 22, 2021).
- [2] Barter Paul, "Cars are parked 95% of the time," *Reinventingparking.Org*. 2013. [Online]. Available: <https://www.reinventingparking.org/2013/02/cars-are-parked-95-of-time-lets-check.html%0Ahttp://www.reinventingparking.org/2013/02/cars-are-parked-95-of-time-lets-check.html>
- [3] C. Dowling, T. Fiez, L. Ratliff, and B. Zhang, "How Much Urban Traffic is Searching for Parking?," no. February, 2017.
- [4] M. R. Ritvaldi, S. T. , M. Eng. Dr. I Wayan Mustika, and S. T. , M. T. Selo Sulisty, "Perancangan Sistem Deteksi Kendaraan Menggunakan Kombinasi Sensor Ultrasonik Dan Medan Magnet Untuk Mendukung Framework Smart Parking." 2016.
- [5] A. Basu, "Introduction to Smart Parking," *Bangalore: Happiest Minds Tech*, 2014.
- [6] N. Talbot and R. Lehn, *The impacts of transport emissions on air quality in Auckland's city centre*, no. December. 2018.
- [7] V. K. Sarker, T. N. Gia, I. ben Dhaou, and T. Westerlund, "Smart parking system with dynamic pricing, edge-cloud computing and LoRa," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 17, pp. 1–22, 2020, doi: 10.3390/s20174669.
- [8] Telkomsel IoT, "Internet of Things - Definisi, Sejarah, Manfaat & Penerapan," 2020. <https://telkomseliot.com/en/news-insight/internet-of-things-definisi-sejarah-manfaat-penerapan#:~:text=Di tahun 1989%2C John Romkey,bekerja sesuai komando dari komputer.&text=Namun%2C di tahun 1999 istilah,RFID atau Radio-Frequency Identification.> (accessed May 23, 2021).
- [9] K. Panetta, "5 Trends Appear on the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2019 - Smarter With Gartner," *Gartner*, 2019. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-appear-on-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2019/> (accessed May 23, 2021).
- [10] ZigWheels, "What is the ground clearance of Land Rover Range Rover_ @ ZigWheels," 2021.
- [11] Honda Indonesia, "Honda All New Honda Civic RS - Honda Indonesia," 2021.