

# Sistem Deteksi Mobil pada Aplikasi Pembayaran Gerbang Tol Berbasis *Internet of Things*

Agita Rachmad Muzakhir<sup>a,\*</sup>, Mahmud Imroba<sup>a</sup>, Aji Gautama Putrada<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Telkom University, Jl. Telekomunikasi, Bandung, Indonesia

\*correspondence email : [ragitam@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:ragitam@students.telkomuniversity.ac.id)

**Abstrak**—Keberadaan jalan tol saat ini sangat penting sebagai sarana penunjang transportasi dan meningkatkan perkembangan suatu daerah. Dengan adanya peningkatan sarana transportasi seperti jalan tol, maka akan berdampak pada produktivitas ekonomi bangsa. Semakin banyaknya jumlah kendaraan yang melewati jalan tol justru sering menyebabkan terjadinya penumpukan arus lalu lintas ketika mendekati pintu masuk dan pintu keluar tol. Penelitian ini mencoba membangun sistem yang dapat membantu mengurangi kemacetan pada gerbang tol untuk melakukan transaksi pembayaran tol. Penggunaan teknologi *Internet of Things* dan WiFi digunakan untuk melakukan deteksi kendaraan yang melewati jalan tol. Sehingga proses transaksi dapat dilakukan tanpa melakukan pemberhentian pada gerbang tol dengan jarak radius 10 sampai 15 meter dan dengan kecepatan hingga 15 Km/h. Waktu yang transaksi dihasilkan dengan menggunakan sistem ini adalah 9 sampai 15 detik. Dengan sistem yang ada saat ini dengan menggunakan RFID, transaksi harus dilakukan dengan melakukan pemberhentian terlebih dahulu dengan waktu transaksi 15 detik pada kondisi lancar dan 15 sampai 20 detik pada kondisi macet

**Kata Kunci**—internet of things, jalan tol, kemacetan, WiFi.

## I. PENDAHULUAN

Keberadaan jalan tol saat ini sangat penting sebagai sarana penunjang transportasi dan meningkatkan perkembangan suatu daerah. Jalan tol dibangun oleh pemerintah untuk meningkatkan dan memudahkan mobilitas masyarakat dalam berbagai bidang seperti pada bidang perekonomian [1]. Semakin mudahnya mobilitas masyarakat, maka semakin bertambah juga jumlah kendaraan yang akan menimbulkan berbagai macam masalah seperti kemacetan, polusi udara, bahkan sampai meningkatkan jumlah kecelakaan lalu lintas. Dengan adanya peningkatan sarana transportasi seperti jalan tol, maka akan berdampak pada produktivitas ekonomi bangsa [2].

Pada tahun 2015, pihak PT. Jasa Marga mencatat jumlah kendaraan yang melewati jalan tol Jakarta-Cikampek tercatat sekitar 215 juta kendaraan. Semakin banyaknya jumlah kendaraan yang melewati jalan tol justru sering menyebabkan terjadinya penumpukan arus lalu lintas ketika mendekati pintu masuk dan pintu keluar tol. Hal ini terjadi dikarenakan sistem pembayaran jasa tol yang masih secara tradisional. Dengan terjadinya penumpukan arus lalu lintas tersebut menimbulkan banyak kerugian seperti polusi udara, konsumsi bahan bakar yang tidak produktif serta kemacetan yang seharusnya tidak terjadi [3].

Untuk mengurangi jumlah kemacetan yang semakin meningkat pemerintah dan pihak pengelola jalan tol telah membangun beberapa ruas jalan tol sebagai alternatif dan menerapkan pembayaran transaksi secara elektronik berbasis RFID (*Radio Frequency Identification*). Sesuai dengan Standar Pelayanan Minimal (SPM) yang diatur pada Permen PU No. 16/PRT/M/2014, yaitu waktu pembayaran transaksi pada gerbang tol otomatis dilakukan maksimal selama 5 detik untuk setiap kendaraan. Namun, pembayaran dengan menggunakan RFID belum mampu secara efektif untuk mengurai antrian kemacetan di gerbang pembayaran tol.

Sistem yang akan dibangun memanfaatkan teknologi *Internet of Things* yang setiap mobil akan terpasang satu receiver yang terhubung dengan 1 data user, dan sistem hanya akan mendeteksi posisi kendaraan ketika memasuki gerbang tol tanpa membuat gerbang portal. Dengan sistem ini, diharapkan proses transaksi dapat dilakukan dengan radius 10 meter dari gerbang tol tanpa melakukan pemberhentian dengan kecepatan rata 10 km/jam. Proses transaksi diharapkan dapat dilakukan lebih cepat dengan waktu selama 10 detik untuk gerbang masuk tol dan 15 detik untuk gerbang keluar tol. Sehingga dapat mengurai antrian kemacetan yang masih sering terjadi di gerbang pembayaran tol.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Electronic Toll Collection

Sistem *Electronic Toll Collection* (ETC) telah digunakan sejak tahun 1960-an seiring dengan adanya infrastruktur *Open Road Tolling* (ORT), yaitu pengoperasian jalan tol secara elektronik. Dua teknologi yang digunakan pada ORT yang didasarkan pada *Dedicated Short Range Communication* (DSRC) transponder yang menggunakan teknologi microwave 5,8 GHz. Kemudian adapula *Global Navigation Satellite System* (GNSS) dengan *Global System for Mobile Communication* (GSM). Di Indonesia saat ini digunakan sistem DSRC seperti yang digunakan pada Mandiri *On-Board Unit*. Pada tahun 2013, di Brazil terdapat pengembangan infrastruktur untuk mendukung *Open Road Tolling* dengan sebuah OBU (On-Board Unit) yang telah terintegrasi dengan teknologi *toll collection* yang telah ada, yaitu menggunakan DSRC dan GNSS. Sistem yang tersebut terhubung dengan aplikasi pada smartphone yang memiliki fitur metode pembayaran menggunakan NFC [4].

Pada tahun 2017, dilakukan sebuah pengembangan framework untuk sistem ETC yang berbasis *cloud*. Fitur utama dari sistem tersebut adalah otomasi deteksi kendaraan, otomasi klasifikasi kendaraan serta otomasi penarikan pembayaran tol. Sistem ini dibangun dengan menggunakan 2 perangkat Zigbee, dimana 1 perangkat terletak di gerbang tol berperan sebagai *control unit* sedangkan perangkat yang lain terpasang di mobil. 2 perangkat tersebut akan membentuk sebuah jaringan node sensor nirkabel. Jaringan tersebut dapat mendeteksi dan melakukan klasifikasi pada kendaraan dan membangun komunikasi dengan sistem *back-end* [3].

### 2.2. Internet of Things

IoT (*Internet of Things*) merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus. Pada dasarnya IoT mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai representative virtual dalam struktur berbasis internet. Cara kerja IoT adalah interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan user dan dalam jarak berapa pun [5].

Pada penelitian ini internet digunakan untuk menghubungkan dua buah mikrokontroler yang akan menyimpan data pada database tanpa menggunakan campur tangan user. Dengan memanfaatkan internet pertukaran data yang dilakukan dapat lebih cepat, efisien dan mudah.

### 2.3. Electronic Money

Terdapat 3 studi empiris mengenai definisi tentang sistem electronic money. Menurut Kreltzhheim, e-money adalah bukan uang tunai yang memiliki arti yang sama seperti uang fisik, yang bisa ditransfer dari pembayar ke penerima tanpa perantara pihak ketiga [6]. Menurut Geva dan Kianieff, e-money digunakan untuk menunjukkan nilai yang harus dibayar dengan menggunakan sistem pembayaran elektronik [7]. Menurut Allen dan Overy, e-money adalah produk prabayar di mana catatan dana konsumen disimpan pada suatu perangkat elektronik [8]. Sehingga dapat disimpulkan electronic money adalah metode pembayaran transaksi seperti uang fisik yang dapat dilakukan di mana saja dengan menggunakan suatu perangkat elektronik.

### 2.4. NodeMCU (ESP8266)

NodeMCU adalah salah satu jenis dari mikrokontroler yang berbasis *open source*. NodeMCU banyak digunakan sebagai platform pada sistem IoT. NodeMCU memiliki kemampuan untuk menjalankan program secara *wireless*. NodeMCU adalah suatu SOC yang telah terintegrasi dengan lapisan TCP/IP sehingga membuat mikrokontroler dapat mengakses suatu jaringan WiFi. NodeMCU memiliki kemampuan untuk menjadi *host* dari suatu program atau menjalankan semua fungsi jaringan WiFi dari prosesor lain, sehingga layak untuk dijadikan *node* untuk menghubungkan sensor IoT dengan server secara nirkabel [9].

2.5. Recieved Strength Signal Indication (RSSI)

Dalam sebuah *Wireless Sensor Network (WSN)*, pengukuran jarak dengan menggunakan RSSI dapat menentukan performa dari sebuah jaringan. Perhitungan kekuatan sebuah jaringan dengan menggunakan RSSI, dilakukan berdasarkan jumlah sinyal radio yang diterima oleh reciever [10]. Perubahan nilai RSSI yang dihasilkan akan mempengaruhi variabilitas dan akurasi performa dari jaringan antara transmitter dan reciever [11]. Dengan menggunakan RSSI, dapat ditentukan jarak minimum untuk melakukan koneksi agar tidak memakan waktu yang cukup lama dalam membangun koneksi antara transmitter dan reciever.

III. PEMBAHASAN

3.1. Sistem yang Dibangun

Pada penelitian ini akan dibangun sebuah sistem untuk mendeteksi kendaraan yang melalui jalan tol agar mempercepat proses pembayaran tol dan mengurangi kemacetan di gerbang pembayaran tol adalah menggunakan konsep teknologi Internet of Things. Arsitektur yang akan digunakan pada sistem ini seperti yang telah tergambar pada Gambar 1 dibawah ini. Sebuah mikrokontroler transmitter yang telah terpasang pada pintu tol akan memberikan sinyal apakah suatu mobil telah memasuki atau akan keluar dari jalan tol kepada setiap mobil yang telah terpasang mikrokontroler reciever. Setelah mendapatkan sinyal maka mikrokontroler reciever akan mengirimkan database untuk melakukan proses pembayaran dengan menggunakan data mobil yang telah diinputkan pengguna dengan menggunakan aplikasi android.

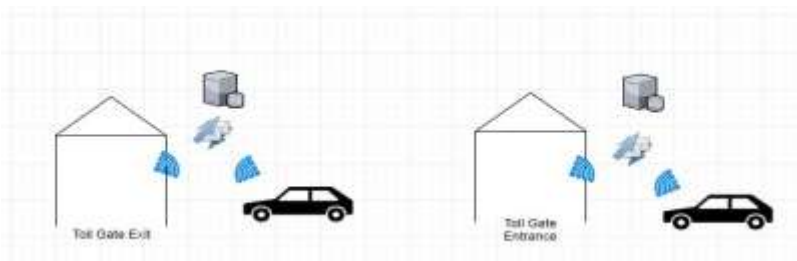


Figure 1. Arsitektur sistem

Untuk receiver yang dipasang pada mobil akan digunakan mikrokontroler esp8266 (NodeMCU) yang akan dilengkapi dengan sebuah *buzzer* dan *LCD 16x2*. Desain arsitektur pada receiver seperti pada gambar 2.

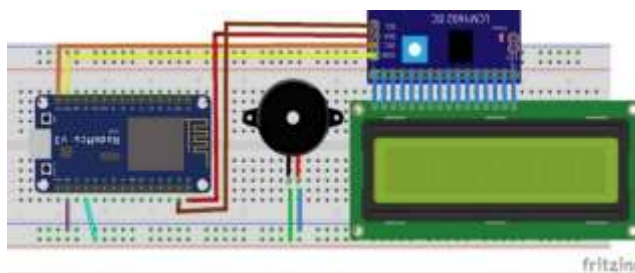
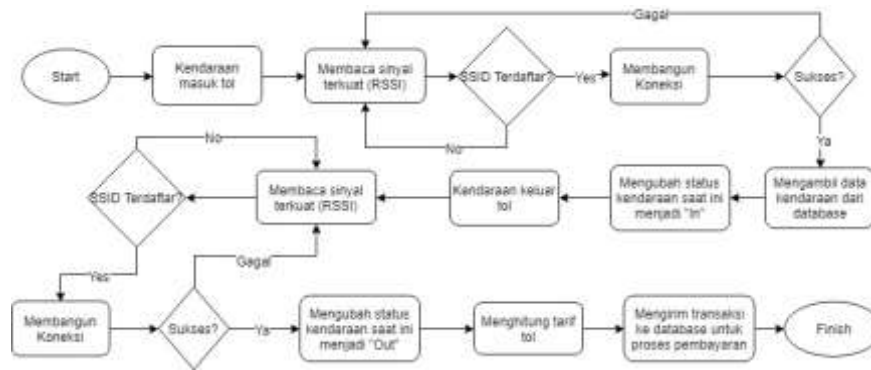


Figure 2. Desain arsitektur receiver

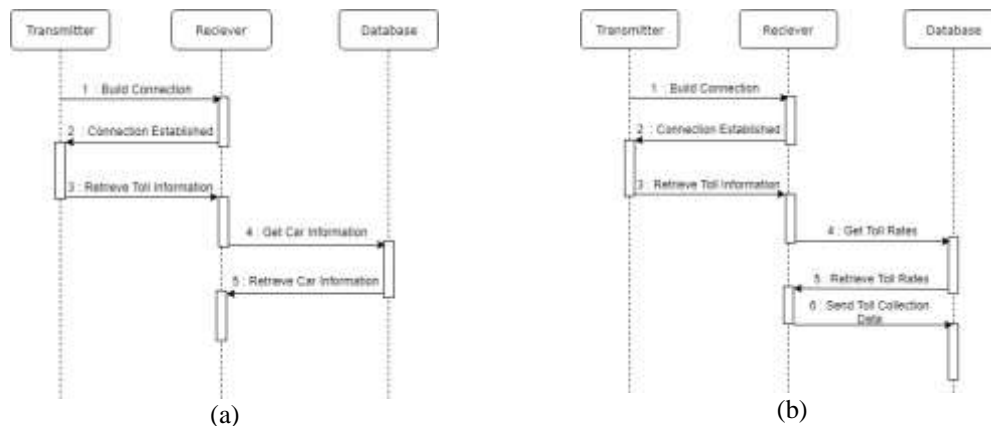
Sistem akan berjalan seperti alur sistem pada gambar 3, akan dimulai ketika mobil akan memasuki gerbang tol. Sistem akan mendeteksi sinyal WiFi terkuat dari gerbang tol, apabila sinyal WiFi terkuat telah sesuai dengan yang terdaftar pada reciever akan dibangun koneksi. Setelah koneksi berhasil dibangun, sistem akan mengambil data kendaraan yang telah tersimpan pada *database* dan akan mengubah status kendaraan menjadi "In", yang berarti telah berhasil memasuki jalan tol. Sistem akan kembali mengulang langkah tersebut ketika mobil akan melewati gerbang keluar tol. Setelah *receiver* berhasil membangun koneksi dengan *transmitter* pada gerbang keluar, sistem akan mengubah status kendaraan menjadi "Out" dan akan menghitung tarif sesuai dengan jarak yang telah ditempuh. Setelah tarif telah ditentukan, sistem akan mengirimkan data transaksi ke *database* untuk dilanjutkan dengan proses pembayaran.



**Figure 3.** Diagram alur sistem

Diagram alur dari sistem yang akan dibangun akan dituliskan dengan menggunakan bahasa C dan kemudian akan ditanamkan pada mikrokontroler NodeMCU yang digunakan sebagai receiver dengan menggunakan Arduino IDE. Sistem yang dibangun akan terbagi dalam beberapa method diantaranya adalah method untuk mencari signal transmitter menggunakan metode RSSI, method untuk melakukan koneksi dengan transmitter, method untuk mengambil data kendaraan dan tarif tol, serta method untuk mengirimkan data transaksi ke database.

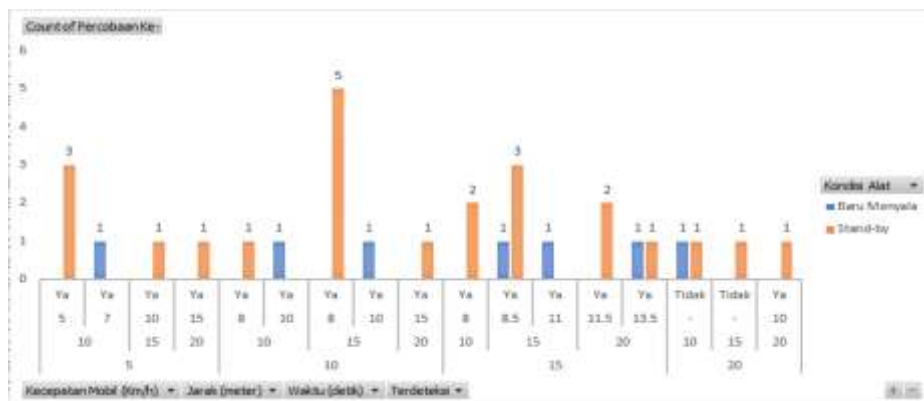
Seperti yang tertera pada diagram alur sistem, terdapat transaksi data dengan database setiap kali receiver telah berhasil terkoneksi dengan transmitter. Semua tahap proses transaksi data yang terjadi digambarkan oleh sequence diagram seperti pada gambar 5.



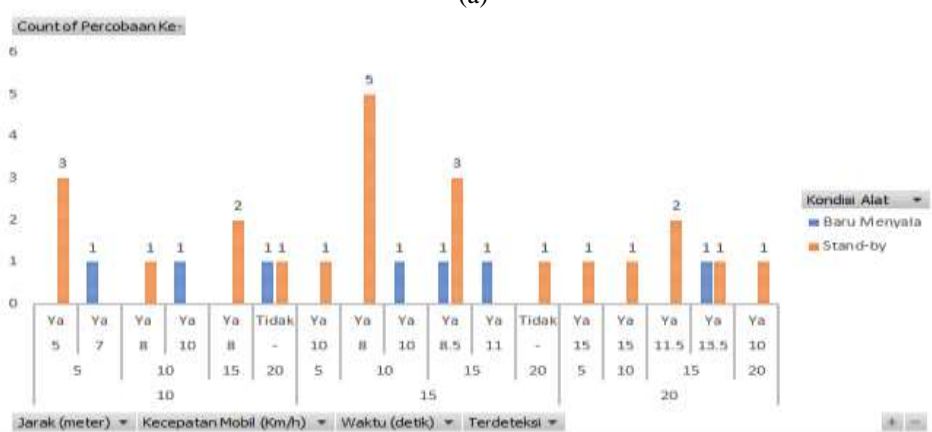
**Figure 4.** Sequence Diagram pada saat masuk toll (a), Sequence Diagram pada saat keluar toll (b)

### 3.2. Hasil Pengujian

Skenario pengujian dilakukan pada 2 sisi gerbang tol dengan menggunakan metode RSSI dengan jarak 10 sampai 20 meter pada gerbang masuk dan keluar tol yang dilakukan sebanyak 30 kali. Percobaan digunakan dengan menggunakan mobil yang telah terpasang receiver dan diletakkan pada dashboard mobil, serta kaca mobil pada sisi pengemudi dibuka selama percobaan. Pada setiap sisi gerbang tol, telah terpasang *transmitter* yang telah memiliki koneksi internet. Pada gambar 6 berikut ini adalah hasil pengujian pada gerbang masuk tol. Untuk hasil pengujian pada gerbang keluar tol ditunjukkan pada gambar 7.

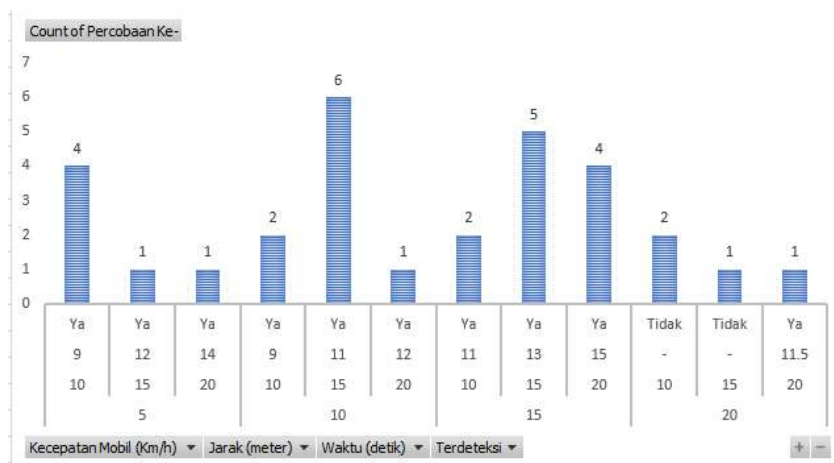


(a)



(b)

Figure 5. Grafik hasil pengujian pada gerbang masuk tol : kecepatan mobil terhadap waktu (a), jarak mobil terhadap waktu (b)



(a)

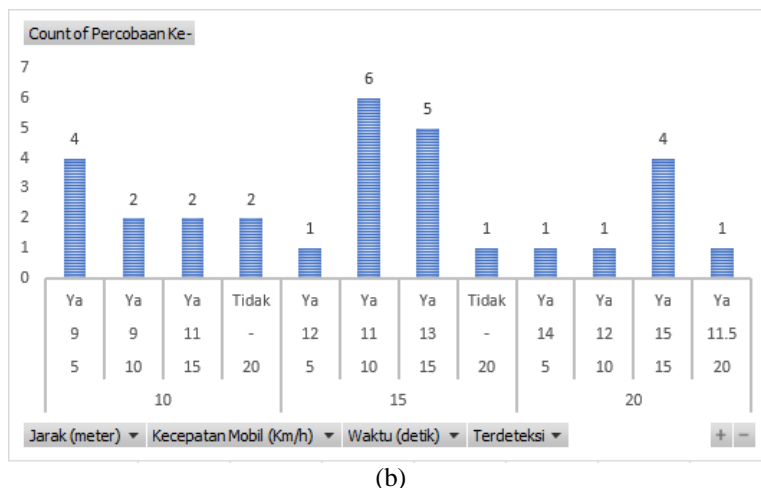


Figure 6. Hasil pengujian pada gerbang keluar tol : kecepatan mobil terhadap waktu (a), jarak mobil terhadap waktu (b)

3.3. Analisis Hasil Pengujian

Seperti yang tertera pada gambar 6 untuk pengujian pada gerbang masuk tol, menghasilkan waktu yang cukup berbeda. Pada gambar 6 (a) dan (b) dengan kondisi jarak dan kecepatan yang sama waktu yang dihasilkan lebih lama. Hal ini terjadi karena, pada percobaan tersebut receiver pada mobil dalam keadaan baru dinyalakan sehingga setelah berhasil terhubung dengan transmitter, sistem akan terlebih dahulu mengambil data jenis kendaraan dari database dengan waktu akses sekitar ± 2 detik. Pada percobaan tersebut sisa waktu yang ada digunakan oleh sistem untuk membangun koneksi dengan transmitter dan untuk mendapatkan informasi gerbang tol yang dilalui. Sedangkan pada sisa percobaan yang lainnya, sistem telah menyimpan data kendaraan, sehingga waktu yang dihasilkan hanya untuk membangun koneksi dan mendapatkan informasi gerbang tol yang sedang dilewati.

Untuk percobaan pada gerbang keluar tol seperti yang tertera pada gambar 7, menghasilkan waktu yang sama pada setiap kondisi kecepatan mobil dan jarak dari gerbang tol. Pada percobaan ini, waktu yang dihasilkan lebih lama dari percobaan di gerbang masuk tol. Hal ini dikarenakan sistem melakukan 2 kali hubungan dengan database, yang pertama setelah sistem akan mengambil data tarif dari database sesuai dengan jalur yang telah ditempuh selama ± 2 detik. Setelah mendapatkan tarif, sistem akan kembali mengirimkan data keseluruhan detail transaksi untuk melakukan proses pembayaran, proses pengiriman data tersebut memerlukan waktu ± 2 detik. Sedangkan untuk sisa waktu yang ada pada percobaan tersebut digunakan oleh sistem untuk membangun koneksi dan mendapatkan informasi gerbang tol yang sedang dilewati.

Dari 30 kali percobaan, terdapat 3 kali percobaan yang gagal yaitu pada kondisi kecepatan 20 Km/h dan jarak 10 sampai 15 meter. Sedangkan 27 percobaan lainnya sukses.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem yang telah dibangun dapat melakukan transaksi dengan radius jarak maksimum 10 sampai 15 meter dari gerbang tol dengan kecepatan rata-rata 10 Km/h sampai 15 Km/h. Waktu transaksi yang dihasilkan dari percobaan adalah 8 sampai 11 detik pada gerbang masuk tol, sedangkan pada gerbang keluar tol dihasilkan waktu 9 sampai 13 detik. Sistem yang ada saat ini, yaitu menggunakan RFID pada gerbang tol diharuskan melakukan pemberhentian pada gerbang tol. Dengan jarak 10 sampai 15 Km sebelum gerbang tol mobil harus mengurangi kecepatan dari 20 Km/h sampai berhenti dengan waktu ± 10 detik dan melakukan transaksi selama 5 detik di gerbang tol pada keadaan lancar. Apabila dalam keadaan macet, dengan jarak 10 sampai 15 meter terjadi antrian 3 sampai 4 mobil sehingga waktu yang diperlukan untuk mengantri dan melakukan transaksi adalah 15 sampai 20 detik. Dengan menggunakan sistem ini proses transaksi dapat dilakukan dengan lebih cepat tanpa melakukan pemberhentian terlebih dahulu, sehingga dapat mengurangi kemacetan yang bisa terjadi kapan saja.

### B. Saran

Sistem ini dapat diterapkan lebih optimal apabila spesifikasi hardware yang digunakan pada transmitter memiliki jangkauan yang lebih luas. Jaringan internet yang stabil dan bandwidth yang tinggi dapat mempercepat proses transaksi sistem. Serta penggunaan infrastruktur WiFi yang sudah mendukung penggunaan komunikasi dengan jangkauan yang pendek (DSRC – *Dedicated Short-Range Communication*) sehingga proses transaksi dapat dilakukan dengan lebih cepat.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. P. Amalia, “Efektivitas Elektronik Tol (E-Toll) Oleh PT. Jasa Marga Surabaya,” *Publika Unesa*, 2017.
- [2] D. S. Galande, S. J. Oswal, V. A. Gidde dan N. S. Ranaware, “Automated Toll Cash Collection System for Road Transportation,” *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, pp. 216-224, 2015.
- [3] S. I. Popoola, O. A. Popoola, A. I. Oluwaranti, J. A. Badejo dan A. A. Atayero, “A Framework for Electronic Toll Collection in Smart and Connected Communities,” *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*, 2017.
- [4] J. R. Dias, A. S. R. Oliveira dan J. N. Matos, “The Charge Collector System,” *The Second International Conference on Advances in Vehicular Systems, Technologies and Applications*, 2013.
- [5] Kurniawan, PURWA RUPA IoT (Internet of Things) KENDALI LAMPU GEDUNG (Studi Kasus pada Gedung Perpustakaan Universitas Lampung), Bandar Lampung: Universitas Lampung, 2016.
- [6] D. Kreltzheim, “Identifying the proceeds of electronic money fraud.,” *Information Management & Computer Security*, pp. 223-231, 1999.
- [7] B. Geva dan M. Kianieff, *Reimagining E-Money: Its Conceptual Unity with other Retail Payment Systems*, Toronto: International Financial and Economic Law, 2002.
- [8] Allen dan O. , “Commission consults on revision of the European electronic money regime,” *Journal of Financial Regulation and Compliance*, pp. 347-355, 2005.
- [9] D. R. P. Patnaikuni, “A Comparative Study of Arduino, Raspberry Pi and ESP8266 as IoT Development Board,” *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 2017.
- [10] M. Sauter, “Mobility Management in the Cell-DCH State,” dalam *From GSM to LTE: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband*, West Sussex, John Wiley & Sons, 2010, p. 160.
- [11] S. Barai, D. Biswas dan B. Sau, “Estimate Distance Measurement using NodeMCU ESP8266 based on RSSI Technique,” *IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications*, vol. 10, pp. 170-173, 2017.