

PERANCANGAN PROTOTIPE IDENTIFIKASI KENDARAAN JALAN TOL BERBASIS RFID DAN NOTIFIKASI PEMBAYARAN VIA SMS

Akbar Fitra Listyono^{*)}, Darjat, and Wahyul Amien S.

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} Email : Akbarfitra63@yahoo.co.id

Abstrak

Permasalahan utama yang terjadi di jalan tol adalah antrean. Di gerbang jalan tol antrean ini terjadi karena aliran kendaraan yang datang di gerbang tol dan pelayanan gerbang tol tidak seimbang sehingga terjadi antrean di gerbang tol. Kemacetan ini disebabkan adanya berhentinya kendaraan di gerbang tol, sedikitnya gerbang tol, dan volume kendaraan yang melebihi kapasitas. Lalu gerbang tol juga masih menggunakan bukti pembayaran yang konvensional. Kenyataannya struk tersebut akan dibuang dan tidak terpakai lagi. Sehingga akan membuat pemborosan dan kotor pada gerbang jalan tol. Salah satu teknologi untuk meningkatkan pelayanan pada gerbang tol adalah teknologi non kontak yang biasa disebut dengan Radio Frequency Identification (RFID). RFID sendiri merupakan sebuah teknologi identifikasi baru menggunakan detektor jarak jauh. Detektor ini dapat mendeteksi sebuah kendaraan yang melewati gerbang tol tanpa adanya kontak langsung. Ini disebabkan sistem identifikasi kendaraan sudah terjadi sebelum kendaraan melewati gerbang tol. Lalu diperlukan sebuah notifikasi pembayaran untuk mengirim pesan bahwa pelanggan jalan tol telah melewati jalan tol. Dengan menggunakan teknologi SMS maka notifikasi dapat dikirim kepada handphone pelanggan. Sehingga para pengendara tidak akan berhenti untuk melakukan pembayaran ataupun mengambil struk pembayaran. Pada pengujian sistem, telah berhasil menghasilkan alat identifikasi kendaraan menggunakan teknologi RFID dan notifikasi pembayaran via SMS.

Kata kunci : RFID, antrean, ETC, SMS, dan Notifikasi

Abstract

The main problem that occurred on the highway is the queue. The queue at the toll gate occurred because of the vehicle flow coming in the toll booths and the unbalanced services of the toll booths causing this queue. This afflict occurred due to the cessation of vehicles at toll booth, lack number of toll booth and the volume of vehicle exceeds available capacity. The payment method on the toll booths that using conventional proof of payment make worst this situation. The technology to improve toll booths services are non-contact technology that commonly referred as Radio Frequency Identification (RFID). RFID itself is a new identification technology using a remote detector. This detector can detect a vehicle passing through the toll gate without direct contact. This is due to the vehicle identification systems already occurred before the vehicle passes through the toll booths. Then required a payment notification to send a message that the customer has passed the toll road toll road. By using SMS technology, the notification can be sent to mobile phone subscribers. So the riders don't need to stop to make payments or take receipt of payment. In the system trial, succeed to produce a vehicle identification tools using RFID technology and payment notifications via SMS.

Keyword: Toll Road, Identification vehicle, RFID, SMS

1. Pendahuluan

Jalan Tol merupakan sebuah jalur yang dipergunakan untuk memperlancar lalu lintas. Jalan tol merupakan sebuah pelayanan yang diberikan pemerintah kepada masyarakat. Jalan tol memiliki tujuan untuk memperlancar lalu lintas, meningkatkan pelayanan distribusi barang dan jasa, serta meningkatkan mobilitas dan aksesibilitas orang dan barang. [1]

Permasalahan utama yang terjadi di jalan tol yaitu antrean. Antrean ini terjadi karena aliran kendaraan yang datang di gerbang tol lebih besar daripada pelayanan gerbang. Kemacetan ini disebabkan berhentinya kendaraan di gerbang tol, sedikitnya gerbang tol, dan volume kendaraan yang melebihi kapasitas. Kemacetan ini akan merugikan para pengendara kendaraan di jalan tol. Pengendara akan dirugikan dengan adanya waktu terbuang percuma, pembakaran bahan bakar yang sia-sia,

pengotoran udara (polusi) dan gas buang kendaraan. Efek ini langsung atau tidak langsung dapat menyebabkan gangguan kesehatan.

Pemanfaatan gerbang tol elektronik mempunyai keuntungan. Keuntungan tersebut meliputi efisiensi aliran kendaraan, menghemat waktu, mengurangi polusi. Kemampuan sistem elektronik ini yaitu meningkatkan pelayanan di pintu tol, menghemat bahan bakar, mengurangi gas emisi kendaraan, dan menghemat waktu antrean. Keuntungan yang lain dari sistem ini mampu mengeliminasi terjadinya perlambatan dan meningkatkan kontrol terhadap arus lalu lintas melalui pusat kontrol administrasi. [2]

Negara – negara maju telah banyak mengembangkan sistem pengumpulan elektronik yang biasa disebut dengan *Electronic Toll Collection (ETC)*. Sistem ini telah banyak digunakan oleh berbagai negara di Amerika, Eropa, Asia dan Australia. Sistem ini di Amerika dikenal dengan sebutan *EZ-Pass*, di Australia dikenal dengan istilah *Citylink*, sedangkan di Asia dikenal dengan *D-Link*. Semua mempunyai makna yang sama yaitu gerbang pelayanan jalan tol dengan menggunakan sistem ETC. [2]

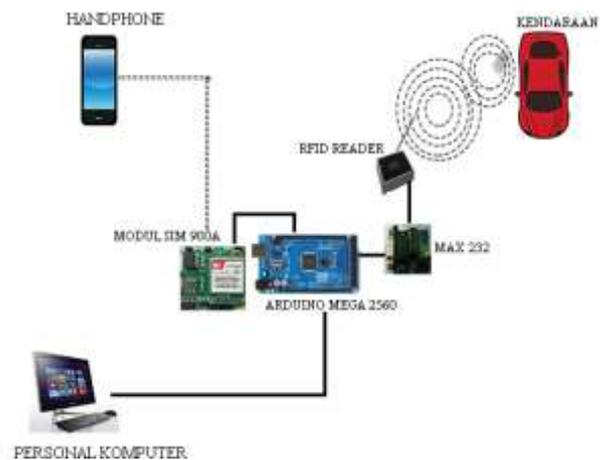
Gerbang tol di Indonesia mulai menerapkan sistem modern yang memanfaatkan teknologi elektronik, dengan nama Gerbang Tol Otomatis (GTO). Penggunaan sistem GTO memungkinkan untuk meningkatkan kualitas pelayanan pintu tol dan meningkatkan kepuasan pelanggan jalan tol. Operator jalan tol juga diuntungkan karena sistem GTO mampu meningkatkan kapasitas pelayanan di pintu tol, sehingga tidak perlu melakukan penambahan gerbang baru. Ini akan mengoptimalkan pelayanan dengan meningkatkan fasilitas pada gerbang yang telah ada sebelumnya. GTO juga masih menggunakan bukti pembayaran yang konvensional yaitu dengan memberikan struk pembayaran berbentuk kertas kecil. Kenyataannya struk tersebut akan dibuang dan tidak terpakai lagi. Struk ini akan mengakibatkan kotor pada jalan tol ataupun pada gerbang tol. GTO dalam perkembangan masih menggunakan kartu RFID untuk proses identifikasi. Proses ini mengharuskan para pengendara kontak dengan *reader* RFID yaitu menempelkan kartu ID pada *reader* RFID. Proses ini menjadi penyebab aliran di gerbang tol yang menjadi lama.

Salah satu teknologi untuk meningkatkan pelayanan adalah teknologi non kontak yang biasa disebut dengan *Radio Frequency Identification (RFID)*. RFID sendiri merupakan sebuah teknologi identifikasi baru menggunakan detektor jarak jauh. Detektor ini dapat mendeteksi sebuah kendaraan yang melewati gerbang tol tanpa adanya kontak langsung. Ini disebabkan sistem identifikasi kendaraan sudah terjadi sebelum kendaraan melewati gerbang tol. Sehingga para pengendara tidak akan berhenti untuk melakukan pembayaran ataupun

mengambil struk pembayaran. Oleh karena itu para pengendara dapat mengurangi waktu terbang yang ada di gerbang tol.

Dengan tidak mengambil struk pembayaran maka diperlukan sebuah notifikasi untuk memberitahu informasi pembayaran pengguna jalan tol. Sehingga digunakan sebuah notifikasi *Short Messages Service (SMS)* untuk informasi pengguna jalan tol. Sehingga dengan adanya notifikasi ini para pengguna mempunyai bukti pembayaran sah karena terjadi transaksi antara pengguna dan pihak jasa marga. Berdasar pada penjelasan sebelumnya maka dibuat penelitian TA tentang Perancangan Prototipe Identifikasi Kendaraan Jalan Tol Berbasis RFID dan Notifikasi Pembayaran Via SMS.

2. Metode



Gambar 1. Diagram blok sistem identifikasi kendaraan pada jalan tol

Gambar 1. merupakan gambaran umum diagram blok sistem identifikasi kendaraan pada jalan tol. Blok diagram sistem ini terdiri dari beberapa bagian sebagai berikut:

1. Blok Proses Identifikasi, blok ini merupakan proses identifikasi sebuah kendaraan yang terdiri dari tag RFID, Reader RFID, dan IC MAX232.
2. Blok *Control Unit*, blok ini merupakan kumpulan sistem *control unit* yang berfungsi sebagai pengatur jalan dan pengirim informasi dari sistem *Automatic Vehicle Identification* pada jalan tol, blok ini terdiri dari *Arduino Mega* dan Modul GSM SIM 900A.
3. Blok Output Interface, blok ini merupakan penampil data langsung kepada pelanggan dan *administrator* dari sistem *Automatic Vehicle Identification* pada jalan tol yang terdiri dari handphone dan personal komputer.

2.1. Blok Proses Identifikasi

Blok RFID ini menggunakan sebuah RFID Reader, RFID Tag, dan Modul IC Max 232. RFID tag berisi kode unik

untuk membedakan golongan kendaraan yang melewati di gerbang tol. RFID tag ini akan mengirimkan sinyal yang berisi kode unik ke RFID Reader. RFID Reader akan membaca dan mengidentifikasi kode unik yang dikirimkan oleh RFID Tag. Karena RFID Reader berisi data serial maka diperlukan IC Max 232 untuk mengubah data dari RFID Reader ke dalam Control Unit.

Komunikasi *reader RFID* ke Blok *Control Unit* menggunakan komunikasi serial RS 232. Data akan masuk ke dalam PC berupa kode – kode unik yang ada di dalam *tag RFID*. Data tersebut akan diolah oleh program interface untuk dicocokkan di dalam database. Sebelum masuk ke dalam blok Control Unit data diolah dulu ke dalam Blok Max 232. Fungsi dari Blok Max 232 ini adalah mengubah data dari *reader* sehingga dapat dibaca oleh Blok *Control Unit*.

MAX 232 adalah sebuah IC converter yang berfungsi sebagai pengubah nilai tegangan menjadi level tegangan TTL. IC ini digunakan agar Blok *Control Unit* dapat membaca data yang dikirim oleh *Reader*. Bila tidak ada IC MAX 232 ini data tidak dapat dibaca karena perbedaan level tegangan. IC ini untuk akses ke arduino diperlukan 4 pin. 4 pin tersebut yaitu :

1. TX : 1
2. RX : 2
3. VCC : VCC
4. GND : GND

2.2. Blok Control Unit

Blok Control unit ini berfungsi sebagai pengontrol komunikasi data antar perangkat dan pengirim pesan kepada handphone. Perangkat ini menggunakan modul GSM SIM 900A dan Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada gambar 1.

Modul GSM SIM 900A berfungsi sebagai pengirim pesan berbentuk sms. Pemilihan menggunakan modul ini dikarenakan frekuensi operator yang digunakan di Indonesia sekitar 890 – 915 MHz. Maka dengan menggunakan Modul ini komunikasi GSM dapat dilakukan. Modul GSM ini juga dapat mengirimkan sms melalui jaringan operator GSM di seluruh Indonesia.

Pengaturan modul GSM SIM 900A ini dengan memasang komponen modul ke *arduino mega 2560*. Yaitu dengan menyambungkan kabel serial dari modul GSM SIM 900A ke *arduino mega 2560*. Pin ini digunakan dikarenakan konfigurasi untuk perintah mengirim data dari arduino.

Modul GSM SIM 900A ini akan menerima data dari arduino berupa data serial yang berisi informasi. Informasi yang dikirim berupa nomor handphone dan data teks pesan yang berisi informasi saldo dan waktu *real time*. Modul ini memerlukan 3 pin untuk akses data serial dari *arduino* ke modul. 3 pin ini menghubungkan antar 2

perangkat yaitu :

1. Pin TX : 2
2. Pin RX : 10
3. GND : GND

Sistem ini menggunakan pin input dan output digital sebanyak 6 yang terdiri dari 2 pasang pin serial dan 2 pin output. Karena dibutuhkan adanya 2 pasang pin serial sehingga dipilih menggunakan Arduino Mega 2560 yang mempunyai banyak pin serial. Arduino Mega 2560 mempunyai 3 pasang pin serial sehingga cocok digunakan sebagai pengontrol pada sistem ini. Sebagai pengontrol keseluruhan sistem ini maka seluruh bagian dihubungkan pada arduino

Arduino dibuat pemrograman sistem identifikasi dengan menggunakan bahasa C++ untuk mengontrol keseluruhan sistem agar berjalan sesuai fungsi yaitu untuk mengirim data dari *reader RFID* ke PC. Arduino ini juga mengirim data dari PC ke GSM SIM900A untuk mengirim pesan dalam format SMS untuk memberi notifikasi. Program yang dibuat meliputi:

1. Program membaca data serial dari Reader RFID yang berisi kode –kode unik lalu diteruskan ke PC.
2. Program membaca data serial dari PC yang berisi informasi pengguna jalan tol yang melewati gerbang tol.
3. Program memilah data serial yang berasal dari PC yang terdiri dari nomer handphone, sisa saldo, dan waktu.
4. Program memberikan notifikasi yang dikirimkan menggunakan format sms.
5. Program mengirim sms dengan data yang sudah dipilah – pilah terdiri dari sisa saldo dan waktu.

2.3. Blok Control Unit

Personal komputer ini sebagai monitoring akses data keluar - masuk dari control unit. Komputer akan menampilkan data dari control unit ke program interface untuk membantu administrator. Komputer ini juga mengirimkan data dari program interface ke control unit.

Personal komputer menggunakan akses serial untuk mengirim data ke control unit. Data ini akan mengalir secara bolak - balik untuk mengirim pesan. Akses antara personal komputer dan control unit menggunakan sebuah kabel usb.

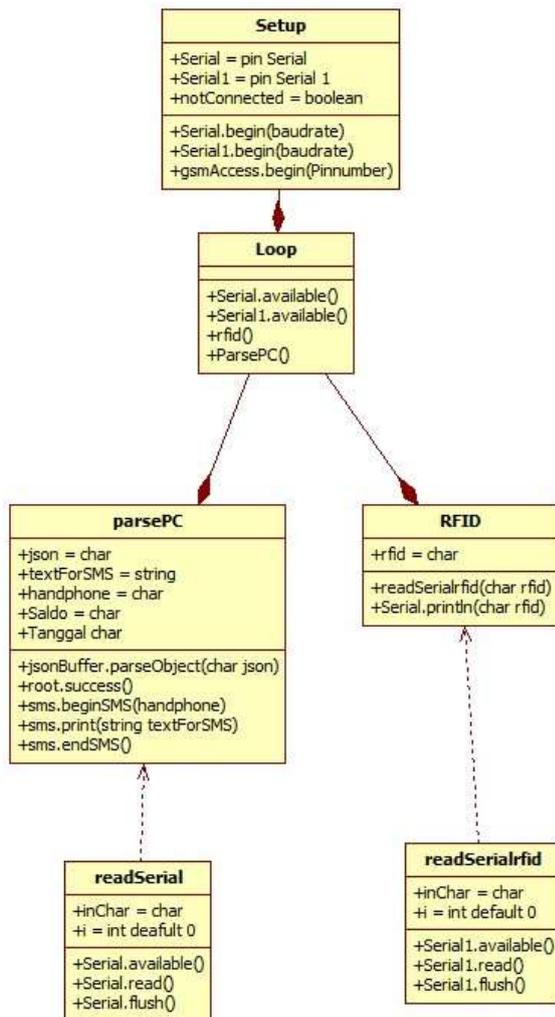
Handphone berfungsi sebagai pemberi notifikasi ke pelanggan yang melewati gerbang tol. Handphone ini akan memberikan informasi pelanggan karena telah melewati gerbang tol. Handphone akan menerima SMS sebagai penunjuk dan melihat notifikasi pelanggan. SMS ini juga sebagai bukti pembayaran yang sah karena melewati gerbang tol. SMS pada handphone ini akan berisi pesan dengan format “PT Jasa Marga – Gerbang tol – Sisa Saldo – Waktu – Tanggal “

2.4. Algoritma dan UML

Sistem identifikasi kendaraan pada jalan tol ini dirancang dengan menggunakan algoritma sebagai berikut:

1. Mulai Program.
2. Arduino membaca data kode serial dari Serial1 yang dikirimkan reader RFID.
3. Arduino mengirimkan data kode serial ke personal komputer melalui pin Serial.
4. Personal komputer mengirimkan data yang berisi info – info dari database yang ada di komputer.
5. Info – info dari personal komputer akan dibagi – bagi yang terdiri dari nomor handphone, saldo, dan waktu.
6. Data yang telah dibagi – bagi sesuai kebutuhan untuk mengirimkan data dalam bentuk sms.
7. Data akan dikirimkan dengan format sms melalui modul GSM.
8. Handphone akan menerima sms yang berisi data informasi yang dikirimkan lewat modul GSM.

Berdasarkan algoritma diatas dirancang UML sebagai berikut:



Gambar 2. UML program Arduino

3. Hasil dan Analisa

Proses identifikasi kendaraan dan notifikasi merupakan tujuan utama dari identifikasi kendaraan jalan tol berbasis RFID dan Notifikasi pembayaran via SMS. Data masukan adalah berupa kode unik dari tag aktif RFID yang berbeda – beda. Untuk notifikasi berupa kirim pesan berbentuk SMS yang berisi info saldo dan waktu saat kendaraan melewati gerbang tol. pengujian proses identifikasi dan notifikasi ini dibagi oleh beberapa jenis penelitian yaitu:

1. Pengaruh kecepatan kendaraan, jarak antara tag dengan reader, dan waktu pembacaan tag oleh reader yang berbeda – beda. Pengaruh ini dilakukan di setiap identifikasi kendaraan yang melewati reader.
2. Pengujian pengiriman notifikasi pembayaran berbentuk SMS di saat kendaraan sudah di deteksi oleh reader RFID dan data kendaraan sudah benar – benar valid oleh database.

3.1. Pengaruh Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Terhadap Identifikasi Kendaraan Dengan RFID

Pengujian ini menggunakan beberapa variasi yang mempengaruhi pembacaan terhadap reader RFID. Pembacaan tag oleh RFID ini dipengaruhi beberapa hal yaitu kecepatan kendaraan, jarak pembacaan, dan waktu pembacaan. Oleh karena itu perlu dianalisis pengaruh tersebut terhadap data dapat dibaca benar ataupun salah.

3.1.1. Pengujian Pengaruh Jarak Kendaraan Terhadap Pembacaan Tag RFID Dengan RFID Reader

Pengujian ini dilakukan dengan menguji level jarak terhadap pembacaan RFID . RFID reader diletakkan sejajar dengan tag aktif agar pembacaan dapat lebih tepat dan valid. Hasil pengujian jarak pembacaan antara RFID reader dengan tag aktif ditunjukkan oleh tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian level jarak terhadap pembacaan RFID reader dengan tag aktif

Tag Aktif	Jarak Pembacaan (cm)	Dikenali Sebagai	Keterangan
:10008212 02	30	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	70	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	83	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	90	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	100	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	121	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	140	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	170	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	190	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	200	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	220	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	230	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	250	:10008212 02	Terdeteksi

Tabel. 1 (Lanjutan)

Tag Aktif	Jarak Pembacaan (cm)	Dikenali Sebagai	Keterangan
:10008212 02	275	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	285	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	300	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	320	-	Tidak terdeteksi
:10008212 02	330	-	Tidak terdeteksi
:10008212 02	340	-	Tidak terdeteksi
:10008212 02	370	-	Tidak terdeteksi
:10008212 02	380	-	Tidak terdeteksi
:10008212 02	400	-	Tidak terdeteksi
:10008212 02	380	-	Tidak terdeteksi
:10008212 02	400	-	Tidak terdeteksi

Tabel 1 menunjukkan bahwa keberhasilan pengenalan dengan penulisan keterangan Terdeteksi atau Tidak terdeteksi. Pengenalan yang terdeteksi terjadi diantara jarak 30 – 300 cm. Pengenalan yang tidak terdeteksi terjadi pada jarak di atas 300 cm. Pengujian dilakukan dengan jarak antara 30 cm sampai 400 cm.

3.1.2. Pengujian Pengaruh Kecepatan Kendaraan Terhadap Pembacaan Tag RFID Dengan RFID Reader

Pengujian ini dilakukan dengan menguji level kecepatan kendaraan terhadap pembacaan RFID reader. RFID reader diletakkan sejajar dengan tag aktif agar pembacaan dapat lebih tepat dan valid. Hasil pengujian level kecepatan kendaraan antara RFID reader dengan tag aktif ditunjukkan oleh tabel 2.

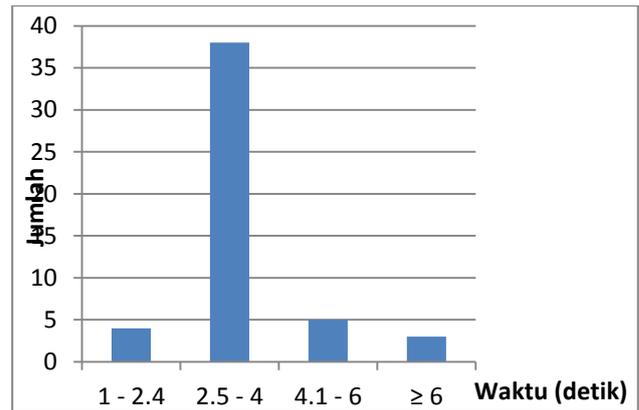
Tabel 2. Hasil pengujian kecepatan kendaraan terhadap pembacaan RFID reader dengan tag aktif

Tag Aktif	Kecepatan kendaraan (km/jam)	Dikenali Sebagai	Keterangan
:10008212 02	0 – 5	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	6 – 10	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	11 – 14	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	14 – 20	:10008212 02	Terdeteksi
:10008212 02	20 – 24	:10008212 02	Tidak Terdeteksi
:10008212 02	24 – 30	:10008212 02	Tidak Terdeteksi
:10008212 02	30 – 35	:10008212 02	Tidak Terdeteksi

Tabel 2 menunjukkan bahwa keberhasilan pengenalan diberi keterangan Terdeteksi atau Tidak terdeteksi. Pengenalan terdeteksi dengan kecepatan rata – rata diantara 0 – 20 km/jam. Kecepatan kendaraan yang tidak terdeteksi pada kecepatan di atas 20 km/jam. Pengujian dilakukan dengan kecepatan kendaraan antara 0 km/jam sampai dengan 35 km/jam.

3.1.3. Pengujian Waktu Pembacaan Tag RFID Dengan RFID Reader

Pengujian ini dilakukan dengan menguji waktu pembacaan RFID reader. RFID reader diletakkan sejajar dengan tag aktif agar pembacaan dapat lebih tepat dan valid. Waktu dihitung dari awal pembacaan sampai dengan 10 kali pembacaan. Hasil pengujian waktu pembacaan antara RFID reader dengan tag aktif ditunjukkan oleh Gambar 3.

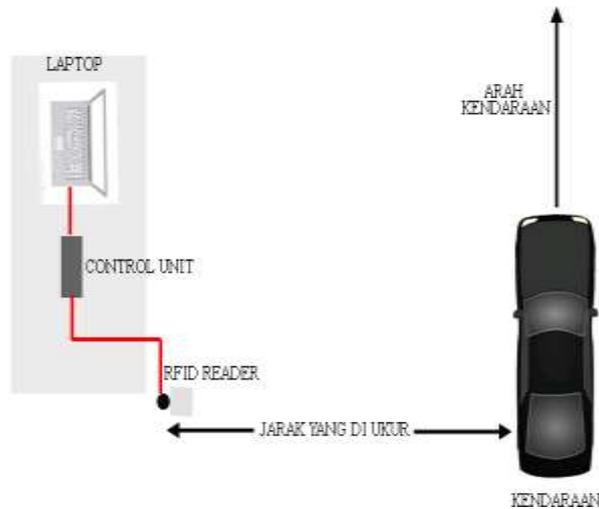


Gambar 3. UML program Arduino

Gambar 3. menunjukkan bahwa rata – rata waktu untuk pembacaan tag dengan reader RFID ditunjukkan dengan waktu sekitar 02.71 detik. Ini ditunjukkan dengan nilai waktu yang paling banyak keluar pada tabel 4.1. Tabel 4.1 juga mendapatkan nilai waktu sekitar 5 detik dan 10 detik. Nilai 5 detik ini terjadi di awal perhitungan waktu pembacaan. Penyebab ini terjadi dikarenakan proses transfer data RFID tag ke reader sedang *warming up*. Nilai 10 detik ini terjadi pada waktu pembacaan diantara 9 dan 10 ini disebabkan oleh proses transfer sedang *settle down*.

3.2. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian dilakukan dengan kendaraan yang sudah ada tag RFID melintasi reader RFID. Tag yang digunakan menggunakan lima tag yang sudah berisi id yang tersimpan di database. Lima tag ini sudah terpasang di lima kendaraan. Kendaraan yang telah melewati dan di deteksi oleh reader RFID akan membunyikan sebuah suara. Data tag akan terkirim ke program *interface monitoring*. Pelanggan lalu akan menerima sebuah notifikasi karena sudah melewati jalan tol. Hasil untuk pengujian sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi Pengujian Sistem

Tabel 3. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan

Nama Pelanggan	ID Tag	ID Terbaca	Notifikasi
Akbar Fitra Listyono	:10008412 04	:10008412 04	Diterima
Dwi Prasetyo	:10008112 01	:10008112 01	Diterima
Ganjar Winasis	:10007912 06	:10007912 06	Diterima
Ahamad Siddik Prayogi	:10008212 02	:10008212 02	Diterima
Irvan Aditya I	:10008212 02	:10008212 02	Diterima

Tabel 3 menunjukkan bahwa data identifikasi kendaraan dan notifikasi pembayaran telah berjalan dengan baik. Tabel 4.7 menunjukkan ID Tag dan ID terbaca dengan benar dan sesuai dengan database. Notifikasi pembayaran juga telah diterima oleh pelanggan yang melewati reader RFID

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian terhadap sistem secara keseluruhan diketahui bahwa sistem Pengujian terhadap sistem secara keseluruhan diketahui bahwa sistem sudah dapat bekerja dengan baik, terutama terhadap identifikasi kendaraan dengan RFID dan notifikasi pembayaran. Dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, bahwa secara keseluruhan sistem dapat mengidentifikasi.

Tabel 1. menunjukkan bahwa data jarak optimal pada proses identifikasi. Data tersebut dapat diketahui bahwa adalah jarak optimal yang dapat mengidentifikasi sebuah kendaraan adalah diantara jarak 30 cm – 300 cm. Tetapi untuk jarak di atas 300 cm tidak dapat diidentifikasi dikarenakan dalam datasheet tertera bahwa optimal untuk pembacaan maksimal sebesar 3 meter. Reader tidak dapat membaca di atas jarak 3 meter. Sehingga untuk pembacaan maksimal agar kendaraan dapat di deteksi maka jarak antara reader dengan tag sebesar 3 meter.

Tabel 2. yaitu berisi data kecepatan optimal pada proses identifikasi. Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kecepatan

optimal kendaraan yang dapat digunakan adalah diantara 0 km/jam sampai dengan 20 km/jam. Kendaraan mengendarai harus pelan – pelan untuk proses identifikasi di gerbang tol. Tabel 4.2 juga menunjukkan bahwa kecepatan di atas 20 km/jam tidak dapat dibaca oleh reader. Ini disebabkan proses pengiriman data antara reader kepada tag tidak terjadi ataupun belum terjadi. Penyebab ini dikarenakan data yang dikirim dari tag dan reader data tidak sampai ataupun rusak sehingga tidak dapat dibaca.

Gambar 3. yaitu pengujian waktu optimal pada proses identifikasi pada reader dengan tag aktif. Pengujian ini dilakukan agar dapat melihat kecepatan waktu proses identifikasi. Pada hasil tabel 4.3 dapat dilihat bahwa rata – rata waktu untuk identifikasi sekitar 2.71 detik. Tetapi beberapa waktu untuk proses identifikasi dapat menjadi lama yaitu 5.59 detik dan 10.93 detik. Awal proses identifikasi waktu terlihat sekitar 5.59 detik ini disebabkan oleh proses awal pengiriman data antara tag kepada reader ataupun *warming up*. Waktu sekitar 10 detik ini dikarenakan adanya proses *settle down*. Proses awal ini dan proses *settle down* ini terjadi dikarenakan karakteristik dari tag aktif ini. Hal ini ditunjukkan dengan pada tag no 1 , no 2, no 3, no 4, dan no 5.

Tabel 3 menunjukkan bahwa sistem identifikasi kendaraan dan notifikasi pembayaran telah benar – benar terintegrasi dengan baik. Tabel 3 menunjukkan data id tag antara database telah sama dan tidak ada yang salah. Notifikasi pembayaran juga telah terkirim dengan benar dengan database. Data tidak ada yang salah ataupun terjadi masalah.

Pengujian sistem telah bekerja dengan baik terutama pada proses identifikasi kendaraan dan notifikasi pembayaran. Masalah proses waktu identifikasi dalam hal membaca tag diperlukan jarak kendaraan masuk dan keluar sekitar 2 detik sampai 5 detik. Ini dikarenakan karakteristik dari tag aktif dan reader PF-2510 ini.

Berdasarkan hasil dan analisis yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perancangan sistem identifikasi kendaraan pada gerbang tol menggunakan teknologi RFID dan notifikasi pembayaran via SMS mulai dari proses identifikasi dengan RFID sampai dengan pengiriman notifikasi pembayaran via SMS telah berhasil juga berjalan dengan baik..
2. Jarak kendaraan pada proses identifikasi dapat diketahui bahwa jarak optimal untuk identifikasi yaitu antara 30 cm sampai dengan 300 cm.
3. Kecepatan kendaraan pada proses identifikasi dapat diketahui bahwa kecepatan optimal untuk identifikasi yaitu antara 0 km/jam sampai dengan 30 km/jam.

4. Waktu pembacaan pada proses identifikasi dapat diketahui bahwa rata – rata waktu untuk identifikasi sekitar dua detik.
5. Pengiriman notifikasi pembayaran pada proses notifikasi bahwa benar telah terkirim dan diterima.

Referensi

- [1]. Sodikin, Bambang Riyanto, and Bambang Pudjianto, *Kajian Masalah Antrian Pada Sistem Pengumpulan Tol Konvensional Terhadap Rancangan Sistem Pengumpulan Tol Elektronik*. Semarang: Universitas Diponegoro, 2005.
- [2]. Dr. Khali Persad, Dr. C. Michael Walton, and Shahriyar Hussain, *Toll Collection Technology and Best Practices*. Austin, Texas: Center for Transportation Research The University of Texas at Austin, 2006.
- [3]. PT JASA MARGA (PERSERO) TBK, "Connectivity for Driving Growth," PT JASA MARGA (PERSERO) TBK, Jakarta, Laporan Tahunan 2014.
- [4]. Shahram Male, Rick Denney, and John A. Halkias, "Demonstration Project No 105 Advance Transportation Management Technologies Chapter 5," U.S. Department Of Transportation, Springfield, Demonstration Project 1997.
- [5]. Klaus Finkenzeller, *FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS IN CONTACTLESS SMART CARDS, RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION AND NEAR-FIELD COMMUNICATION*, 3rd ed. Munich, Germany: WILEY, 2010.
- [6]. Mahadir, *Rancang Bangun Sistem Identifikasi kendaraan Pada Akses Masuk Menggunakan Teknologi RFID*.: Universitas Indonesia, Juli 2008.
- [7]. Aris Rasidin, *Pembuatan Sistem Keamanan Pada Brankas Dengan Kunci Otomatis GSM*.: Universitas Komputer Indonesia, 2012.
- [8]. Sandi Sugandari Muhiban, *Perancangan Attitude Monitoring And Surveillance Payload*.: Universitas Komputer Indonesia, 2011.
- [9]. A. Rafik, *APLIKASI SMART CARD PADA METERAN AIR DIGITAL PRABAYAR BERBASIS ARDUINO MEGA 2560*. Semarang, Indonesia: DIII Teknik Elektro FT Undip, 2014